

АКАДЕМИКИ РАССКАЗЫВАЮТ

К 60-летию
Великого
Октября

АКАДЕМИКИ РАССКАЗЫВАЮТ

УЧЕНЫЕ О ДОСТИЖЕНИЯХ СОВЕТСКОЙ НАУКИ

МОСКВА
„МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ“
1977

001
А38

Художники
Г. БОЙКО,
И. ШАЛИТО

А $\frac{70500-183}{078(02)-77}$ 065—77

СОДЕРЖАНИЕ



Академик
А. Александров
об энергетике
будущего

Проблемы энергетики вызывают повышенный интерес в мире. И это не случайно. От решения их во многом зависят рост производительности труда во всех областях промышленности, сельского хозяйства и транспорта, появление качественно новых технологических процессов, увеличение энерговооруженности быта.

Снабжение энергией играет чрезвычайно важную роль в развитии производительных сил. В сущности, во все материальные блага, которыми пользуется человек, вложены определенные затраты энергии. И между благосостоянием большинства стран и их энерговооруженностью существует прямая зависимость. Поэтому с первых дней существования нашего Советского государства вопрос развития энергетики и особенно электроэнергетики стал вопросом государственной политики. План ГОЭЛРО, принятый по инициативе В. И. Ленина, был основой программы подъема всего народного хозяйства. От первенцев плана ГОЭЛРО — крошечных Шатурской ГРЭС и Волховской ГЭС — мы шагнули далеко вперед. К XXV съезду КПСС страна перешла триллионный рубеж годового производства электроэнергии.

Производство электрической энергии на всей планете неуклонно расширяется. В среднем оно удваивается каждое десятилетие. И совершенно очевидно, что в предвидимом будущем не хватит известных природных энергоресурсов, используемых традиционными методами техники. Если бы энергетические возможности человечества ограничились лишь теми средствами, которые оно знало в первой половине XX столетия, то уже ныне живущее поколение стало бы свидетелем серьезного энергетического кризиса.

Темпы роста потребления энергии настолько велики, что в отдельных районах мира ископаемое топливо уже стало весьма дефицитным. Почти повсюду в странах Запада повышается стоимость нефти, газа и угля, что, в свою очередь, приводит к возрастанию цен на всю продукцию.

Наша страна располагает большими запасами минерального топлива. Однако только примерно пятая часть этих ресурсов падает на территорию европейской части СССР, где сосредоточено около трех четвертей потребителей электроэнергии. Прогнозные расчеты показывают, что здесь в перспективе — с учетом значи-

тельного перемещения производительных сил в восточные районы страны — по-прежнему будет потребляться подавляющая часть энергии. Поэтому неизбежно возникает необходимость наряду с транспортированием энергии из восточных районов СССР развивать атомную энергетику в западных районах Союза.

Помнится, что еще двадцать лет назад, когда только начала работать первая в мире советская атомная станция мощностью всего 5 тысяч киловатт, многие считали, что атомная энергия — это, в общем, скорее забава ученых и инженеров и вряд ли найдет когда-либо широкое применение, вряд ли будет конкурентоспособной с энергетикой на обычном топливе — нефти, газе и угле. Теперь так не думают. Сегодня в 16 странах мира действует более ста атомных электростанций общей мощностью примерно 60 миллионов киловатт.

Как известно, практическая возможность высвобождения атомной энергии стала ясной после открытия в 1939 году реакции деления урана под действием нейтронов. В то же время обрисовались и необычайные трудности данной задачи. К сожалению, события второй мировой войны стимулировали решение ее в военных целях. И наша страна, социальной природе которой органически присущ миролюбивый характер, вынуждена была также создавать ядерное оружие для ликвидации угрозы со стороны агрессивных империалистических государств.

Однако это не заслоняло в деятельности советских ученых стремления к мирному использованию ядерной энергии. Уже в трудные годы войны были приняты все необходимые меры для решения атомной проблемы, создана мощная техническая и промышленная база, организован ряд новых научных учреждений для решения широкого круга задач, в том числе и наш Институт атомной энергии. Научное руководство всеми работами возглавил академик И. Курчатов. К ним были привлечены ученые различных специальностей. Многие физические, химические институты АН СССР и отраслевые институты многих министерств участвовали в этом важном деле. Весь огромный комплекс сложнейших задач по изучению ядерных реакций, развитию теории ядра, нейтронной физики, теории реакторов на тепловых и быстрых нейтронах и других решался на высоком научном уровне и в короткие сроки. Выдающимся

достижением советских физиков явилось сооружение и пуск в декабре 1946 года первого атомного уран-графитового реактора в нашей стране, всего через четыре года после начала работ. Была налажена уранодобывающая промышленность, организовано беспрецедентное производство разделения изотопов урана и извлечения плутония, построены специальные металлургические заводы, разработаны и пущены в ход промышленные реакторы для получения делящихся материалов.

Так закладывались основы атомной энергетики. Были осуществлены поисковые разработки по всем основным направлениям энергетических реакторов: по реакторам с графитовым замедлителем и гелиевым охлаждением, с водой под давлением и с замедлением в обычной воде, с обычной кипящей водой, с графитовым замедлителем и теплосъемной водой под давлением. В городе Обнинске развернулось строительство опытной атомной электростанции промышленного типа. Эта первая в мире АЭС была сдана в эксплуатацию 27 июня 1954 года. Пуск ее имел огромное историческое значение. Всему человечеству была продемонстрирована возможность мирного применения энергии атома — энергии, ставшей к тому времени в сознании многих людей символом разрушения, символом слов «Хиросима» и «Нагасаки». А через три года, в 1957 году, со стапелей сошло первое в мире гражданское надводное атомное судно — ледокол «Ленин». Все это выражение созидательных устремлений Советского Союза в использовании ядерной энергии.

Эксплуатация первой АЭС, результаты которой были доведены до сведения международной общественности в 1955 году на 1-й международной конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве, показала перспективность такого рода станций, их надежность и безопасность. Значительные достижения наших и зарубежных ученых и конструкторов в создании специальных конструкционных материалов, в разработке теории и конструкции реакторов расширили число возможных типов энергетических реакторов, позволили осуществлять ту широкую программу развития ядерной энергетики, которая сейчас претворяется в жизнь.

Процесс производства электроэнергии за счет деления тяжелых ядер сделался вполне конкурентоспособным с традиционным способом получения энергии в тех

районах, где стоимость топлива повышена из-за расходов на его дальнюю транспортировку. Как правило, капитальные затраты на сооружение АЭС превышают вложения в обычные тепловые станции равной мощности. Однако удельные эксплуатационные расходы, то есть расходы на единицу вырабатываемой энергии, уже сегодня меньше, и вдобавок они имеют тенденцию к дальнейшему сокращению. Кроме того, в связи с возможностью значительного увеличения единичной мощности блоков капитальные затраты на установленный киловатт АЭС снижаются быстрее, чем на ТЭС. Если первая, Обнинская АЭС имела мощность 5 тысяч киловатт, то у первой очереди Сибирской АЭС, пущенной в 1958 году, она уже составляла 100 тысяч киловатт, у следующего блока этой станции — 200 тысяч киловатт, первый энергоблок Нововоронежской АЭС, вступивший в строй в 1964 году, обладал мощностью в 210 тысяч киловатт, а сооружаемый ныне пятый блок будет иметь мощность миллион киловатт. Мощность станции в целом достигнет 2,5 миллиона киловатт.

В канун XXV съезда КПСС пуском второго энергоблока завершено строительство первой очереди крупнейшей в мире Ленинградской атомной станции имени Владимира Ильича Ленина. Каждый блок ее имеет мощность 1 миллион киловатт — ни одна станция в мире не обладает столь мощными реакторами канального типа, как эта. Сегодня с распределительного устройства Ленинградской АЭС уже выдано двадцать три миллиарда киловатт-часов электроэнергии. Такие же реакторы строятся и на других атомных электростанциях, в частности Чернобыльской, Курской, Смоленской. Первый миллионный блок Курской атомной уже вошел в эксплуатацию. Также пущена Армянская АЭС, Кольская и другие.

Наша страна развернула широкую программу строительства атомных электростанций, прежде всего в европейской части СССР. В 1980 году предусматривается обеспечить производство 1340—1380 миллиардов киловатт-часов электроэнергии; ввести в действие мощности на электростанциях в размере 67—70 миллионов киловатт, в том числе на атомных 13—15 миллионов киловатт. Решено ускорить строительство и освоение реакторов на быстрых нейтронах и приступить к подгото-

вительным работам по использованию атомной энергии для целей теплофикации.

Это экономическая политика дальнего прицела, задача которой сохранить запасы нефти и газа на длительный период времени и использовать их более целесообразно (чем при сжигании) в качестве сырья для получения пластмасс, каучука, других важных химических продуктов, а также производства кормового белка.

Почему именно ядерная энергетика будет главным пополнением растущего дефицита обычного топлива? Ведь можно, казалось бы, широко использовать энергию Солнца, приливов, ветров, тепла недр нашей планеты. Подробный анализ показывает, что все эти пути целесообразны только при решении частных задач энергоснабжения сравнительно небольших районов, благоприятных с точки зрения природных условий, и не могут стать основой энергоснабжения всей страны. Их использование покроет в лучшем случае 1—2 процента потребностей. Однако это не значит, что ими можно пренебрегать. Для решения местных энергетических нужд возобновляемые источники энергии могут быть весьма полезны.

Конечно, следует иметь в виду, что более всего близки к истощению мировые ресурсы нефти и газа. Уже сейчас все большая часть нефти и газа извлекается со дна морей и из месторождений на шельфах, что приводит к удорожанию топлива.

Сейчас извлекается только часть нефти, имеющейся в месторождениях. Увеличение извлечения нефти также требует дополнительных затрат. Экономически невыгодные сегодня для разработки месторождения вязких битуминозных продуктов в сланцах и песках по мере удорожания нефти постепенно также начнут использоваться, и это источник важных дополнительных ресурсов, правда, существенно более высокой стоимости.

Именно низкая стоимость нефти и газа, а также высокая технологичность их использования привели к тому, что подавляющая часть, около 70 процентов топливно-энергетического баланса мира, стала покрываться за счет природного газа и нефти, а роль угля постепенно снижалась, хотя запасы его существенно превосходят запасы нефти и газа. Повышение стоимости нефти и газа несомненно вызовет увеличение роли угля, особенно в районах, где может быть обеспечен транспорт угля или

созданных на основе угля видов энергии или энергоносителей. Вместе с этим в местах, удаленных от месторождений угля, ускоренными темпами будет развиваться атомная, а впоследствии термоядерная энергетика.

Хотя в нашей стране имеются собственные запасы нефти, газа и особенно угля, однако в районах, удаленных от месторождений топлива, у нас экономически целесообразно широко развивать атомную энергетику с целью существенного снижения потребления нефти и газа.

Ясно, что задача существенного снижения расхода нефти и газа может быть выполнена только в том случае, если энергия деления атомных ядер будет использована не только в области производства электроэнергии, но и в других областях потребления нефти и газа — производстве тепла для промышленных и бытовых целей, в металлургии, химии и транспорте. Проникновение в эти области является главной задачей атомной энергетики.

В последнее время развитие атомной энергетики вызывает большие дискуссии в некоторых странах Запада, в основном в США, с точки зрения опасности загрязнения окружающей среды радиоактивными продуктами деления ядер урана и плутония. Действительно, при делении ядер образуются осколки, обладающие высокой радиоактивностью. Часть этих веществ имеет короткоживущую активность. Однако десятые доли процента общей радиоактивности связаны с долгоживущей активностью. В атомном реакторе эти делящиеся вещества и их осколки запакованы в надежные оболочки. Нарушения герметичности бывают редко. При этом часть радиоактивных осколков выходит в контур теплоносителя, но он имеет систему постоянной очистки, и поэтому такого рода нарушения не приводят к каким-либо опасным последствиям. Только серьезное разрушение первого контура представляет действительную опасность. Однако такая авария примерно так же маловероятна, как, например, падение гигантского метеорита на Землю. Кроме того, устройства безопасности резко ослабляют последствия даже такой крупной аварии.

«Борьба против атомных станций», ведущаяся на Западе, вызвана не реальной угрозой радиоактивного загрязнения от атомных станций, а соображениями конъюнктурного характера. Строительство атомных

станций ограничивает доходы нефтяных монополий.

Большую заботу следует проявлять при сооружении предприятий по переработке использованных топливных элементов — здесь выделяются все радиоактивные осколочные материалы, и их надежное захоронение имеет очень важное значение. Конечно же, нельзя допускать, чтобы (как это имело место, например, в Англии) радиоактивные осколки сбрасывались бы в море. В начале развития атомной техники эти вопросы решались чересчур упрощенно, однако в настоящее время разработаны надежные методы захоронения осколков, прошедшие уже многолетнюю проверку. Можно с полной уверенностью сказать, что этот вопрос в научно-техническом смысле решен и выбор тех или иных методов захоронения является лишь вопросом оптимальной экономики.

Таким образом, с точки зрения безопасности, принятие должных мер предосторожности обеспечивает возможность развития атомной энергетики.

Многолетний опыт эксплуатации Нововоронежской АЭС показал, что концентрация радиоактивных аэрозолей в атмосферном воздухе в контролируемой зоне радиусом 50 километров находится на уровне фоновых значений. Доза облучения даже в зоне АЭС не превышает 1 процента допустимой дозы, установленной для персонала станции. На АЭС исключен сброс сточных вод, загрязненных радиоактивными веществами. Эти воды проходят очистку на специальных очистных сооружениях. Радиоактивные газы и аэрозоли также подвергаются специальной очистке перед выбросом в вентиляционную трубу. Такого рода мероприятия обеспечивают благоприятные радиационные условия как на самой АЭС, так и на окружающей местности.

Атомные электростанции при правильном подходе к ним позволяют, особенно по сравнению с угольными станциями, существенно уменьшать загрязнение внешней среды. Сегодня во всем мире энергетические установки выбрасывают в атмосферу ежегодно 200—250 миллионов тонн золы и около 60 миллионов тонн сернистого ангидрида. В перспективе до 2000 года эти выбросы могут возрасти соответственно до 1,5 миллиарда и 4000 миллионов тонн. Атомные же электростанции не нуждаются в кис-

лороде и не засоряют атмосферу золой, серой и другими продуктами сгорания. Это наиболее «чистые» станции.

Как же обстоит дело с точки зрения ресурсов ядерного топлива?

Практически все существующие сейчас атомные электростанции используют так называемые реакторы на медленных, тепловых нейтронах, которые работают за счет деления урана-235 при очень незначительном попутном использовании урана-238. Такие электростанции лишь первый этап развития атомной энергетики. В нашей стране их общая мощность составит сотню миллионов киловатт. Сейчас у нас созданы и строятся реакторы 1—1,5 миллиона киловатт в одном агрегате. Атомные электростанции теперь конкурентоспособны с обычными. Экономически они наиболее целесообразны в районах, испытывающих нехватку топлива. Атомная энергетика на тепловых нейтронах не исключает обычной энергетики, а дополняет ее.

Однако, как показывают прогнозы, мировые ресурсы дешевого урана могут быть исчерпаны к концу нашего века, если не будут найдены более рациональные и экономичные методы использования ядерного топлива. Современные тепловые реакторы могут использовать не более 1—2 процентов потенциально заключенной в урановом топливе энергии. Бóльшая часть урана оказывается в виде вещества, которое непригодно для современных реакторов на тепловых нейтронах. Это говорит о том, что данные реакторы при всей своей сегодняшней экономической целесообразности и эффективности далеко еще не исчерпывают возможностей, заложенных в ядерном горючем. И это, естественно, не может не заботить наших ученых. Решение, которое мы реализуем, — создание реакторов-размножителей на быстрых нейтронах, решающих проблему самообеспечения ядерным топливом. Создание совершенных реакторов на быстрых нейтронах, эксплуатируемых совместно с реакторами на тепловых нейтронах, повысит энерговыработку с тонны природного урана в 20—30 раз.

Таким образом, второй этап развития атомной энергетики — широкое использование реакторов на быстрых нейтронах. Они могут использовать значительную часть урана-238, который обычно остается «балластом», и превращать его в процессе работы в плутоний — эффективное ядерное горючее. Таким образом, реакторы

на быстрых нейтронах способны не только давать энергию, но и обеспечить воспроизводство горючего для своей работы. А для их запуска нужное количество плутония дадут реакторы на тепловых нейтронах.

Когда мы говорим о практически неисчерпаемых энергоресурсах ядерного горючего, то мы имеем в виду необходимость и возможность использования именно вторичного горючего — плутония и вовлечения в работу большей части запасов урана-238. Без этого не может быть речи о длительном развитии ядерной энергетики в масштабах, которые определяются современным темпом технического прогресса, так как ресурсы дешевого урана-235 для этого будут недостаточны. Будущая крупная атомная энергетика должна сама полностью снабжать себя плутонием с подачей в топливный цикл извне только недефицитного урана-238. При этом экономически доступными станут и бедные месторождения урана.

Техника реакторов на быстрых нейтронах сейчас находится в стадии экспериментальной отработки и поиска наилучших инженерных решений. Первая промышленная станция с таким реактором мощностью 350 тысяч киловатт построена в Советском Союзе в городе Шевченко на берегу Каспийского моря. Она используется для двух целей: производства электроэнергии и опреснения морской воды. В сущности, здесь заложена новая весьма энергоемкая «атомная отрасль», которая в связи с дефицитом пресноводных ресурсов во многих районах страны будет иметь большое значение.

В Белоярске строится станция на быстрых нейтронах уже мощностью 600 тысяч киловатт, основанная на других научно-инженерных решениях. Ее эксплуатация даст важный опыт для энергетиков.

Существующие и создаваемые атомные электростанции на тепловых нейтронах, выполняя свою основную задачу, одновременно готовят и базу для развития станций с реакторами на быстрых нейтронах, нарабатывая попутно некоторое количество плутония для их первоначальной загрузки. В этой пятилетке должна быть решена задача создания конкурентоспособных реакторов на быстрых нейтронах. Но проблема не только в этом — надо еще сделать срок «воспроизводства» ядерного горючего достаточно коротким и обеспечить топливную базу для расширенного развития ядерной энергетики.

Темп наработки нового горючего в атомных реакторах должен обеспечивать темп нарастания энергетики, диктуемый потребностями развития народного хозяйства. Это сложная задача. Лучшим ее решением было бы создание высоконапряженных быстрых реакторов, но сейчас появляются и другие пути.

Коренное повышение эффективности сжигания ядерного топлива в реакторах сделает экономически выгодными те урановые ресурсы, которые сейчас не имеют промышленного значения, например, уран, растворенный в воде океанов. Возможности атомной энергетики станут практически неограниченными. Она явится величайшим благом для человечества, позволит решить целый ряд острых проблем экономики и научно-технического прогресса.

Но даже если предположить, что запасы урана когда-либо истощатся, в резерве человечества остается пока еще не освоенная возможность использования неограниченных термоядерных ресурсов, то есть энергии, выделяющейся при образовании более тяжелых атомных ядер из самых легких. Интересно, что само понятие термоядерной энергии возникло в связи с, казалось бы, не имеющей отношения к практике задачей — объяснением природы энергии звезд и Солнца. Однако вскоре эта астрофизическая теория была использована на Земле для создания мощнейшего оружия — термоядерной бомбы, а теперь на ее основе мы приближаемся к решению задачи энергоснабжения человечества. По-видимому, появления первых объектов термоядерной энергетики на промышленной арене следует ожидать к концу нашего столетия. Это откроет перед человечеством необычайные горизонты, позволит восстанавливать ресурсы нашей планеты — как минеральные, так и органического происхождения, в частности пищевые. Ключом к решению задачи явится неограниченное энергоснабжение для извлечения минеральных ресурсов из бедных руд и наращивание производства синтетических продуктов. Ядерная и термоядерная энергетика потенциально способна решить эту задачу.

Важный шаг на этом пути — состоявшийся недавно физический пуск крупнейшей в мире экспериментальной термоядерной установки «Токамак-10». Она предназначена для нагрева водорода до такой температуры, которая имеет место в недрах Солнца — в десятки мил-



лионов градусов, — и удержания нагретого вещества в течение продолжительного времени.

В нагретом до таких температур газе, состоящем из изотопов водорода, начинается так называемая термоядерная реакция, то есть слияние ядер изотопов водорода в более тяжелые ядра гелия. Этот процесс сопровождается выделением колоссальной энергии. Достаточно сказать, что при ядерном сжигании одного килограмма изотопов водорода выделяется в десять миллионов раз больше энергии, чем при сжигании одного килограмма угля.

Реакцию деления оказалось возможным осуществить потому, что нейтроны легко входят в ядра урана и вызывают их развал с освобождением громадной избыточной энергии и вылетом новых нейтронов, благодаря чему реакции продолжаются.

Реакции же синтеза могут происходить только тогда, когда два ядра сближаются на расстоянии порядка 10^{13} сантиметров. Чтобы сближение произошло, эти положительно заряженные частицы должны преодолеть взаимное электростатическое отталкивание, то есть обладать большой энергией. Это можно обеспечить, нагрев вещество до чрезвычайно высокой температуры, чтобы ядра обрели большую кинетическую энергию и смогли соединиться друг с другом, преодолевая электростатическое отталкивание.

Работы по термоядерному синтезу практически начались 25 лет назад. У истоков этих исследований стояли выдающиеся советские физики, привлекшие в эту область много талантливой молодежи. Первым тут должен быть назван академик И. Курчатов. Присущие ему размах и интуиция во многом определили широкий масштаб термоядерных исследований в СССР. До 1973 года эти исследования возглавлял академик Л. Арцимович, а школа академика М. Леонтовича обеспечила выработку соответствующих теоретических представлений и анализ огромного числа добытых фактов.

Советские физики-термоядерщики по праву заняли передовые позиции в мировой науке. Именно им принадлежат ключевые идеи и основополагающие опыты. В этих работах участвуют крупные коллективы ученых и инженеров Москвы, Ленинграда, Новосибирска, Харь-

кова, Сухуми, а также ряда вузов страны. За четверть века была фактически создана новая область в физике — физика высокотемпературной плазмы, создан научный фундамент для продвижения вперед.

Термоядерный реактор будет одним из самых «чистых» энергетических аппаратов: он не будет выделять в окружающую среду продукты сгорания; в нем не будут нарабатываться долгоживущие радиоактивные осколки, как в атомном реакторе, а наведенная нейтронами активность в стенках, во-первых, будет меньше, чем активность продуктов деления, и, во-вторых, будет зависеть от выбора материала стенки реактора.

Пока еще ни в одном из экспериментов не получена полномасштабная термоядерная реакция, но на повестку дня уже поставлено проектирование испытательных или демонстрационных термоядерных реакторов, уже подготовлено несколько эскизных проектов крупных термоядерных установок. Путь «Токамаков» не единственно возможный. Есть и другие, импульсные методы осуществления управляемой термоядерной реакции. Они также разрабатываются и в нашей стране, и за рубежом.

Поиски путей управляемого термоядерного синтеза вступают в новую фазу. Судя по темпам их развития, можно ожидать решения проблемы на физическом уровне в течение ближайших пяти-шести лет. Но задачи, которые стоят перед учеными и инженерами, огромны. Предстоит преодолеть огромное число чисто технических трудностей, например, сверхмощная электромагнитная система будущего реактора должна быть сверхпроводящей. Она может быть создана на основе существующих сверхпроводников, но если будут открыты новые типы их, способные работать при более высоких температурах, то задача значительно упростится.

Таким образом, научные исследования функциональных процессов, происходящих при делении тяжелых и синтезе легких атомных ядер, открыли для человечества новые, практически неограниченные источники энергии. Использование их неизбежно и позволит избежать кризиса, связанного с исчерпанием природных запасов газа и нефти в начале будущего века, и существенно смягчит остроту борьбы за остатки газа и нефти в текущем столетии. В будущем столетии атомная и угольная энергетика дадут возможность дальнейшего развития материально-технической базы существования человечества,

восстановления расходуемых и постепенно истощающихся ресурсов нашей планеты.

Однако для этого еще нужно пройти большой путь научных и инженерных разработок, которые в первую очередь позволят сэкономить газ и нефть для их нетопливного применения — как сырья для пластмасс, белка и жиров и т. д. Для получения электроэнергии расходуется менее четверти всех энергоресурсов. Примерно такая же доля топлива расходуется для получения бытового тепла и теплоснабжения производств, несколько больше расходует металлургическая промышленность как для теплоснабжения, так и в технологии восстановления металлов из руд. Примерно такую же, как для производства электроэнергии, долю горючего, причем только высококачественного, поглощает транспорт и подвижные источники энергии (например, тракторы и т. д.). Первой нашей задачей, решаемой на основе освоенного уровня атомной техники, явится перевод отопления городов и частично промышленного теплоснабжения на атомную энергию. Теплоносителем в этом деле явится перегретая вода и пар с температурой 200—300° С, подогреваемые в реакторах на тепловых нейтронах. Реализация этого направления начнется еще в этой пятилетке.

Следующим шагом явится использование температурного потенциала около 600° С, который будут иметь циркуляционные контуры реакторов на быстрых нейтронах, в которых теплосъем с активной зоны осуществляется расплавленным натрием. Первый реактор такого типа уже осуществлен.

Наконец, температурный потенциал 900—1000° С будет достижим при освоении реакторов, теплоносителем в которых будет являться газообразный гелий.

Это продвижение будет сопровождаться прямым использованием атомного тепла во все более широкой области производственных технологий, как, например, в черной металлургии.

Кроме этого, прямого использования тепла, возможно и целесообразно и косвенное использование атомной энергии, тем более эффективное, чем выше доступный температурный потенциал.

Так, например, разработаны и разрабатываются комбинированные термоэлектрохимические процессы — например, получения водорода, серной кислоты и т. д.

Получаемый таким путем водород может послужить для замены природного газа как восстановителя в металлургии в процессе прямого восстановления металла. Он может вытеснить водород, получаемый путем конверсии из природного газа для синтеза аммиака. Наконец, водород явится эффективным топливом для автономного транспорта, решающим вопросы защиты окружающей среды, так как продуктом сгорания водорода явится обычная вода.

Решение задач создания атомной и термоядерной энергетики, так необходимых нашей Родине и одновременно всему человечеству, и решение перечисленных выше задач внедрения атомной энергетики во все области потребления нефти и газа послужат важным направлением технического прогресса. Работы в этом направлении являются благородным долгом наших ученых, обязанностью, возложенной на них решениями XXV съезда КПСС.


Академик
Н. Федоренко
о людях,
математике
и экономике

Народное хозяйство сложностью и многообразием своих взаимосвязей ничуть не уступает глобальной биосистеме, одним из элементов которой является человек. Создав сложнейшую систему экономики, человек сам стал в ней и потребителем создаваемых благ и их созидателем, а кроме того, он учится ею управлять наилучшим, оптимальным образом. Но как добиться оптимизации управления системой, где существует громадное количество неопределенностей и, пожалуй, одной из главных является сам человек? Я имею в виду его поведение, когда в зависимости от квалификации, а также и от различных психофизиологических и других факторов, действующих в данный момент, человек принимает решения.

Нетрудно перевести на язык математики закономерности «поведения» машины. Неизмеримо труднее перевести на этот язык поведение даже и одного человека. Но как же быть, если в экономической системе занято огромное количество людей, среди которых нет двух одинаковых? К этому следует прибавить ее многообразие немашинных связей. Можно ли и как построить математическую модель поведения такой системы?

Я говорю сейчас о математике, ибо только она способна помочь превращению меняющих свое поведение, недетерминированных звеньев системы в детерминированные, а следовательно, поддающиеся управлению оптимальным образом. Но экономика — крепкий орешек. И неудивительно — математика тут испытывает бесконечные трудности. С физикой и механикой ей было значительно проще. Ведь та и другая это либо системы, состоящие из сравнительно небольшого количества разнородных тел, либо из большого количества, но зато однородных элементов. Это облегчало задачу математики, и, естественно, она без особых трудностей проникла в обе области.

На очереди встала биология. Но тут задача сильно усложнилась. Ведь с самого начала пришлось иметь дело с системой, состоящей из множества разнородных элементов, которые постоянно взаимодействуют между собой, не способны жить изолированно да плюс еще постоянно адаптируются к условиям окружающей среды. Как все это промоделировать, пользуясь таким инструментом формализации, как математика? Словом, тут

мы имеем дело с задачей наивысшей трудности, И неудивительно поэтому, что математика проникает в биологию очень медленно, хотя ученые и затрачивают на это массу усилий.

Нечто похожее мы наблюдаем и в экономике. Сравнительно легко освоив «удобные» области, математика двинулась дальше, в экономику и сразу же столкнулась с такими трудностями, которых никогда еще не преодолевала.

Первая экономико-математическая модель функционирования народного хозяйства была построена в начале 20-х годов. Это был разработанный ЦСУ СССР баланс народного хозяйства на 1923/24 хозяйственный год. Он, разумеется, имел недостатки, но в то же время содержал много новых оригинальных идей, которые впоследствии оказались весьма продуктивными.

Мне кажется, главная ценность этой первой в мире экономической народнохозяйственной модели состояла в том, что она давала представление обо всей народнохозяйственной системе, о ее многочисленных связях и взаимозависимостях, чего никогда ранее не было. Авторы баланса попытались решить не локальную задачу, а комплексную.

И неудивительно, что этот новый подход дал сильный импульс. В научной печати появилось множество статей, в которых рассматривали различные экономико-математические модели функционирования народного хозяйства. И хотя первая модель давала статическое, неподвижное представление о сложной народнохозяйственной системе и не давала представления о динамике, тем не менее значение ее для последующего развития событий чрезвычайно велико.

Многое из того, что было достигнуто нашей экономической наукой в 20-е годы, было затем подхвачено и развито за рубежом. Лауреат Нобелевской премии по экономике за 1973 год профессор Гарвардского университета (США) В. Леонтьев, используя, например, идеи балансовых таблиц ЦСУ СССР за 1923/24 год, построил в конце 30-х годов свою таблицу межотраслевых связей американской экономики и, описав их с помощью систем алгебраических уравнений, получил многоотраслевую хозяйственную модель. Крупнейшие представители англо-американской школы теоретиков-экономистов неоднократно ссылались в своих трудах на первые гло-

бальные модели народнохозяйственного развития, описанные советскими авторами еще в 20-е годы.

Впоследствии отечественная экономическая наука, используя математический аппарат, продолжала поступательное движение.

В 1939 году к ленинградскому математику, ныне академику Л. Канторовичу обратились представители треста, выпускающего фанеру, с просьбой решить одну сугубо производственную задачу. Эта задача имела весьма локальный характер, а именно: как наилучшим образом распределить работы между станками? Дело в том, что такого рода производственные задачи имеют всегда целый ряд конкретных ограничений, с которыми вынужден считаться человек, взявшийся решать их. Любое производство располагает строго ограниченными ресурсами. На заводе или в цехе работает определенное количество людей, станков. Производительность станков тоже ограничена, как и количество сырья, поступающего на переработку, как и многие другие ресурсы. В этих условиях требуется найти наилучший с позиций экономики способ ведения работ. Решая такую действительно локальную задачу, Л. Канторович вывел определенные закономерности и создал новый метод, оказавшийся универсальным и который можно успешно применять, решая практически любую хозяйственную задачу. Этот метод, созданный выдающимся советским ученым, получил название метода линейного программирования и широко используется в мировой практике. К нему прибегают, решая обширный класс хозяйственных задач, начиная с оптимизации грузопотоков и кончая разработкой перспективных планов для целых отраслей производства.

Советская экономическая наука, прочно занимая новаторские позиции, может со всеми основаниями гордиться крупнейшими учеными, много сделавшими в области моделирования экономических процессов. Имена таких представителей экономико-математического направления, как лауреаты Ленинской премии Л. Канторович, В. Немчинов, В. Новожилов, уже прочно вошли в историю отечественной и мировой науки.

Новаторский научный поиск и открытие линейного программирования Леонидом Витальевичем Канторовичем отмечены Нобелевской премией по экономике за 1975 год.

Выступая на XXV съезде КПСС, Генеральный секретарь Центрального Комитета партии товарищ Л. И. Брежнев, говоря о задачах по управлению экономикой и хозяйственным механизмом, отмечал: «Это — концентрация сил и ресурсов на выполнении важнейших общегосударственных программ, более умелое сочетание отраслевого и территориального развития, перспективных и текущих проблем, обеспечение сбалансированной экономики. Для решения этих задач многое предстоит сделать плановым и хозяйственным органам. Здесь — широкое поле для приложения усилий экономической науки, для внедрения современных научных методов, в том числе экономико-математических, для использования автоматизированных систем управления».

Сейчас широко и целенаправленно ведутся работы по проектированию разного рода экономико-математических моделей народного хозяйства. Причем ученые-экономисты получили мощный инструмент — электронно-вычислительную технику.

Определились две главные области применения этой техники: первая — это машинная реализация массовых, постоянно повторяющихся, рутинных операций по обработке данных, с которыми машина справляется значительно лучше, чем человек. Вторая область — это процессы, связанные с анализом проблем, постановкой целей, прогнозом и анализом будущих условий развития и т. д. В этой области создаются человеко-машинные системы, работающие в так называемом режиме «диалога человек — машина». Здесь машина накапливает, систематизирует и хранит в памяти большие объемы сложной по составу информации, отыскивает нужную, отвечая на запросы людей. Кроме того, машины способны разрабатывать и сравнивать варианты, выбирать так называемые оптимальные решения с помощью методов математического программирования и других математических методов. Эта область деятельности невероятно сложная. Я о ней еще буду говорить, но прежде давайте вспомним, как развивались события.

Первая промышленная революция конца XVIII — начала XIX века создала машины, способные заменить физические усилия сотен и тысяч рабочих. Теоретически возможности этих машин ничем не ограничены, ибо каждая могла бы заменить любое число рабочих. Тут все зависело от общего технического уровня, замысла

конструктора и экономической целесообразности. Вторая — научно-техническая революция второй половины XX века создала новый вид машин, способных заменить любое количество работников умственного труда.

Если посмотреть на конечные результаты первой технической революции с социальной точки зрения, то нельзя не заметить гигантского социального прогресса: исчезли профессии бурлаков, извозчиков, коногонов на шахтах; в ближайшее время исчезнут профессии грузчиков, землекопов и другие, требующие от человека только физических усилий. На смену им приходят рабочие-интеллигенты, люди образованные, владеющие не только современной техникой, но и знакомые с научными основами ее использования.

Вторая — научно-техническая революция — также будет иметь крупнейшие социальные последствия. Я полагаю, что еще при жизни нашего поколения исчезнут профессии учетчиков, расчетчиков, переписчиков документов, толкачей и многих других, так называемых «работников управления».

В англо-американской литературе есть забавный термин, который в переводе на русский язык означает: «рабочие с белыми воротничками». Во всех передовых в техническом отношении странах эти так называемые «работники управления», а по существу рабочие с белыми воротничками по социальному статусу, по образованию, по развитию и, конечно, по уровню дохода стоят нередко ниже индустриальных рабочих.

В условиях антагонистического классового общества научно-технический прогресс всегда принимал уродливые формы. Я с глубоким волнением перечитываю 24-ю главу I тома «Капитала» Карла Маркса, где описан капиталистический путь прогресса, когда «овцы съедают людей», а машины убивают рабочих. В развитых капиталистических странах современная научно-техническая революция также полна социальных драм: электронные вычислительные машины, безусловно, увеличивая мощь монополий и усиливая империалистические возможности государства, в то же время начинают вытеснять из сферы управления массы людей, пополняющих армию безработных.

Этой проблемы не может существовать при социализме. Люди, занятые механической обработкой информации, которые хотя и будут освобождены от монотон-

ных работ вычислительными машинами, определенно найдут себе место в сфере управления на более высоком квалификационном уровне, или в сфере материального производства, или в сфере науки, культуры, в других областях общественной жизни, для них всегда найдется работа, отвечающая их склонностям. Конечно, новый уровень автоматизации управления породит новые социальные проблемы, но суть их совсем иная, нежели в капиталистическом обществе.

В свое время «отец кибернетики» Норберт Винер поставил проблему людей, неспособных освоить квалифицированную работу и управление автоматикой, и не нашел для нее решения в рамках капиталистического строя. Как она будет выглядеть в социалистическом обществе? Видимо, система всеобщего образования предельно сократит такую прослойку, а для людей, ограниченно пригодных к сложному труду по состоянию здоровья, будут создаваться специальные рабочие места, как это делается уже сейчас для слепых, потерявших конечности и др.

Те, кто готов работать творчески, осваивать передовые достижения науки и техники, станут во главе управления процессами общественного производства. Те же, кто к этому не питает склонности, чьи интересы лежат в других областях, должны оставить так называемую сферу управления. Этот процесс не бесконфликтный. Конечно, найдется немало людей, для которых пусть плохое, но насиженное место дороже всего, и кто на досуге не возьмет в руки книгу, для кого научно-технический прогресс не мать, а мачеха.

Так стоит ли утешать таких людей, будто научно-технический прогресс не затронет их покоя, что «электронные вычислительные машины никогда не заменят творческих способностей человека»? Не лучше ли пожелать им побыстрее овладеть современными знаниями, современной техникой.

Многие фантасты потеряли сон и покой, придумывая роботов, опережающих человека «умом» и эмоциями. Возникла боязнь, что машины покорят человечество! Но с каким человеком проводится в этих случаях сравнение? Всегда с сегодняшним, да к тому же не слишком умным. В сочиняемых сказочных ситуациях будущего выпадает звено обратной связи. Человек, совершенствуя технику роботов, неизбежно должен совершенствоваться

сам, причем как творец он будет всегда совершенствоваться быстрее своих творений. Так что людям будущего не будут страшны ни заговоры, ни бунты роботов.

А теперь давайте определим творческие, интеллектуальные способности — как умение оценивать обстановку, формулировать проблемы, ставить цели, находить и оценивать средства, с помощью которых можно их достигнуть. Не требуется долгих доказательств, что из такого определения творческих способностей следует, что машина никогда не сумеет полностью заменить человека, ибо среди перечисленных выше свойств есть свойства чисто человеческие. Машины не имеют потребностей, не испытывают желаний, не формируют целей, — это может в них заложить в виде программы только сам человек. Но значит ли это, что машины не находят, да и не найдут применения в сфере настоящей творческой деятельности?

Все творческие процессы человеческого мышления — это в основном переработка больших объемов информации, и чем обширнее она и доступнее, чем меньше сил будет тратить человек на ее систематизацию, поиск, построение и сравнение различных вариантов решений, тем больше увеличиваются его творческие возможности. Это особенно важно в области экономического управления, где весьма ответственные и связанные с далеко идущими последствиями решения требуют учета огромного количества факторов и их взаимосвязей.

Электронно-счетные и запоминающие устройства освободят человека от однородных повторяющихся операций учета, счета и запоминания — это их, так сказать, «механическая» работа. Кроме того, машины уже сейчас способны разрабатывать и сравнивать допустимые варианты решений и выбирать из них лучшие, оптимальные.

Но нужно знать, по каким признакам, критериям отбирается единственный наилучший вариант. Этого машина никогда не сумеет придумать сама, ибо такого рода знания могут быть заложены в нее только человеком, а для людей это область чрезвычайно сложного творчества. Другое дело, когда речь идет не о первой формулировке и решении новой задачи, а о тех случаях, когда выполняются повторные расчеты с измененной информацией. Но по задачам, относящимся, по существу, к типовым, отработанным.

Возьмем, допустим, группу так называемых транспортных задач и на простом школьном примере рассмотрим ситуацию.

Дано: из пункта А в пункт В, расстояние между которыми С км, нужно доставить М тонн груза, для чего имеется Н способов перевозки (железной дорогой, пароходом, автомобилем, самолетом, различными смешанными способами). Доставить груз — *это цель,* остальное условия. Если ничего больше не сказано, то и неважно, каким способом доставлять грузы, — тут может быть множество решений, и все они одинаково хороши для достижения *цели.* Если же в задачу ввести ограничения «не менее, чем за одну неделю», «затратив не более К рублей» и т. п., то соответственно и количество приемлемых решений резко уменьшается. Оценив скорости и стоимости каждого вида перевозок, мы можем в конце концов все-таки найти несколько эффективных решений. В простых задачах чаще всего удается связать строгими количественными зависимостями вес, скорость, стоимость и другие факторы. Эта зависимость между целью и средствами ее достижения позволяет — с помощью ЭВМ — повысить качество, а значит, и эффективность принимаемых решений.

Но задача может быть поставлена и иначе; при тех же условиях, о которых мы говорили, выдвигается и еще одно — перевезти груз за кратчайшее время или, допустим, с наименьшими затратами. Тут критерий эффективности принимает вид математической функции, стремящейся к некоторому пределу — минимальному сроку, минимуму затрат. Это и будет критерием оптимальности в данной задаче, потому что позволяет найти наилучший вариант, в наибольшей мере отвечающий поставленной цели.

Я хочу отметить одну важную вещь: мы с вами работаем здесь на чрезвычайно упрощенном примере, но именно с упрощенных примеров, или, как говорил К. Маркс, с самых «тощих абстракций», и начинается всякое научное исследование.

Я уже говорил, что экономические задачи весьма сложны потому, что приходится учитывать огромное количество факторов и их взаимосвязей, рассматривать большое количество вариантов решений, а также и последствия этих решений.

Но какие именно критерии надо отбирать в каждом

конкретном случае? Что делать, если цели столь велики и сложны (а народнохозяйственные цели всегда таковы), что их не удается напрямую связать аналитическими зависимостями с теми средствами, которыми нужно их достигнуть? Как вообще формируются народнохозяйственные цели, как оценивать их важность, насущность, в каком соотношении находятся эти цели с критериями, по которым следует отбирать средства достижения этих целей? Это сложнейшие вопросы экономической науки. И в связи с тем, что необходимо было решать их, возникло и стало быстро развиваться новое направление исследований, которое получило название — теория оптимального функционирования экономики.

Я не буду подробно рассказывать об этом молодом направлении экономической науки, ибо нам пришлось бы касаться таких сложных вещей, как системный анализ, математическое программирование, теория информации и т. п.

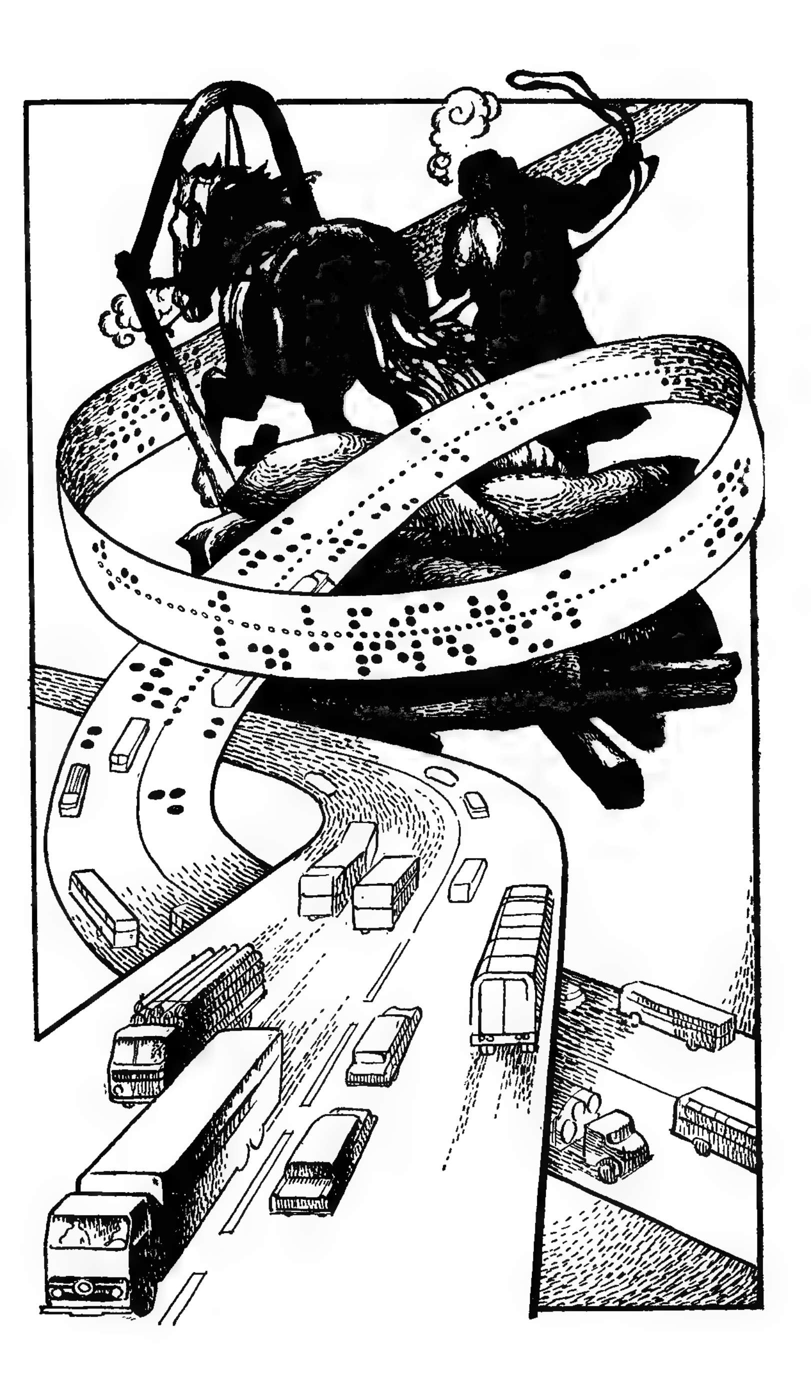
За последние годы экономическая наука добилась ряда успехов в области экономико-математического моделирования. Но это совсем не означает, что решены все принципиальные задачи и этот метод можно зачислить в разряд еще здравствующих, но уже застывающих в «академическом классицизме». Полученные результаты следует рассматривать прежде всего как предпосылку для решения гораздо более сложных задач.

Когда в начале 60-х годов были осознаны богатейшие возможности вычислительной техники и появились советские машины, пригодные для решения сложных задач, началась организация автоматизированных систем управления (АСУ) в экономике. В ту пору многие представляли АСУ как оптимизирующие системы, хотя, конечно, их разработчики еще довольно смутно видели свои задачи во всей их сложности, связанной с необходимостью сочетания технологических параметров, экономических показателей и психологических (человеческих) факторов. Последующее развитие событий привело к некоторому упрощению, выхолащиванию самого понятия АСУ из-за тех громадных трудностей, с какими столкнулись их разработчики, когда дело коснулось реализации проектов. Трудно было глубоко осознать все сложности взаимосвязей различных сторон человеческой деятельности в сфере экономического

управления, но главным образом эти трудности были в практическом использовании машинных систем для решения экономических задач. Немаловажную роль сыграло то обстоятельство, что в экономику пришли многие тысячи специалистов из других областей: математики, программисты, специалисты по электронной вычислительной технике и вообще инженеры самых различных специальностей. Они принесли с собой очень много полезного, ценного, но вместе с тем нередко и упрощенные представления о процессах управления. В экономике эти процессы весьма своеобразны и представляли собой качественно новое явление. Ибо рассчитать процессы управления механическими системами — это одно, другое — когда задача касается человека. Ведь управление производственными и экономическими процессами на самом-то деле сводится к управлению людьми, которые эти процессы осуществляют. Именно человеческий фактор в его технологическом, социологическом и общественном аспекте — доминирующий, когда речь идет об экономике.

Уже в начале 60-х годов был сформулирован принцип инвариантности структуры АСУ как комплекса технических средств и математических методов к условиям той конкретной организации, которую она обслуживает. Этот принцип, по существу, верен: действительно, одна и та же ЭВМ, комплекс средств связи, программ, по которым выполняют расчеты, — все это можно использовать в самых различных организациях. Но если верный принцип инвариантности доводится до крайности, если не учитывать в каждом случае специфику социально-экономических условий, то он становится не только неверным, но и вредным, так как на его основе появляются неработающие системы. Организация АСУ требует громадных усилий по отладке разного рода механизмов регулирования. Эти механизмы, в свою очередь, зависят от систем, связанных с материальной и моральной заинтересованностью всех, кто участвует в АСУ.

Никакие теоретические разработки не могут здесь заменить практического эксперимента. В связи с этим я хочу рассказать об одном таком эксперименте, который предпринял Центральный экономико-математический институт Академии наук СССР совместно с Главмосавтотрансом.



Главмосавтотранс представляет собой одно из крупнейших и сложнейших производственных объединений. Там была довольно хорошо налажена служба управления. Сотрудники обладали необходимым опытом работы. Но это была все же довольно традиционная система. Центральный экономико-математический институт мог предложить объединению хорошо отработанные модели оптимизации управления перевозками, а также реальные пути по организации автоматизированной системы. Общий порядок работы сводился к следующему: анализ практических потребностей управления — научная разработка — эксперимент — анализ эксперимента и внедрение новых методов и средств. В результате удалось впервые в СССР внедрить оптимальное планирование перевозок. Это потребовало очень больших совместных усилий, многолетних научных исследований и экспериментов. И уже в первые три года работы системы был достигнут значительный результат.

Но с расширением круга задач, решаемых АСУ, выявился целый ряд проблем, связанных с несовершенством экономических основ работы автотранспорта. Объединению устанавливались «сверху» около 30 плановых показателей, которые жестко ограничивали рамки его деятельности, приводили к весьма противоречивым результатам. Первые же годы работы автоматизированной системы дали парадоксальный результат: значение ряда плановых показателей ухудшалось, в то время как сама организация стала работать лучше. Применение методов оптимального планирования позволило на отдельных участках уменьшить расстояния перевозок, а объем перевозок в тоннах увеличился, однако так, что общее количество тонно-километров из-за значительного сокращения расстояний стало меньше. Но одновременно ухудшились показатели себестоимости, производительности труда и некоторые другие. Это вовсе не означало, что эти экономические факторы действительно стали хуже, все зависело лишь от методики расчета. Дело в том, что количество тонно-километров перевезенного груза находится в знаменателе дроби, по которой рассчитывается себестоимость. В результате уменьшение среднего расстояния перевозок, объективно полезное народному хозяйству, субъективно привело к ухудшению других показателей.

Естественно, что поэтому темпы внедрения оптималь-

ного планирования стали замедляться, хотя были уже достаточно отработаны более совершенные экономико-математические модели. В чем же дело? Оказалось, все зависело от отношения людей. Экономической заинтересованности в применении новых методов у работников автотранспортных предприятий не было. Оценка объема полезной работы объединения по-прежнему основывалась на общем количестве тонно-километров, а оптимизация была нацелена на их сокращение. Оптимизация сокращала долю бесполезной работы, а выглядело это как недовыполнение полезной деятельности. Стимулы в общем-то не действовали.

И все же АСУ последовательно развивалась и совершенствовалась. Если поначалу мы решали отдельные управленческие задачи, то теперь было решено создать комплексную систему, которая была бы способна решать взаимосвязанные задачи. На трех предприятиях Мосавтотранса была введена новая система планирования и экономического стимулирования. Главным и единственным показателем стал объем прибыли, а единственным ограничением — круг клиентуры. Предприятия обязаны были обслуживать определенный круг клиентов. А в остальном они получили достаточную свободу действий. Они могли распоряжаться остатком прибыли, расходуя его на развитие своей производственной базы, фондов материального стимулирования, социально-бытовые нужды. На основе принципа самоокупаемости предприятие получило возможность устанавливать численность рабочих и управленческого персонала, структуру организации, объем выплачиваемой заработной платы и способы ее начисления, планировать покупку и продажу основных фондов.

Результаты эксперимента показали, что если предприятие работает в таких вот условиях, тогда и заинтересованность людей в работе резко увеличивается. Дело не только в том, что люди стремятся принимать оптимальные планово-экономические решения, но и стараются как можно лучше обеспечить себя необходимым инструментом. Я имею в виду экономико-математические методы и вычислительную технику. Эксперимент показал, что имеются огромные резервы повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности. Но он показал и то, что основным препятствием к получению еще большего эффекта оказалась несогла-

сованность экономических показателей предприятия с показателями всего объединения.

В 1968 году на все предприятия были распространены общие положения экономической реформы. Основными показателями производственно-хозяйственной деятельности стала величина прибыли и уровень рентабельности.

Реформа сразу дала определенный положительный эффект в распространении методов оптимального планирования, но дальнейшая работа выявила и некоторые недостатки вновь созданной системы.

В 1969 году наш институт и Главмосавтотранс обратились в Совет Министров СССР с предложениями о проведении комплексного эксперимента по дальнейшему совершенствованию планирования, экономического стимулирования и управления. Мы предлагали вести работы по этапам. Прежде всего следовало создать наилучшие условия для использования экономико-математических методов и электронной вычислительной техники. Был разработан комплекс мероприятий, который охватывал такие, например, задачи, как: повышение роли экономических методов управления в сочетании с административными; перевод всех структурных подразделений и служб Мосавтотранса на хозяйственный расчет; создание дифференцированной системы материального стимулирования рабочих и служащих в зависимости от характера выполняемой ими работы; экспериментальная отработка элементов АСУ для его поэтапного ввода. Так стал складываться комплексный проект автоматизированной системы, который становился все совершеннее, ибо мы накапливали практический опыт. Вся эта работа исходила из теории оптимального функционирования экономических организаций и, в свою очередь, помогала совершенствованию этой теории. Эксперимент продолжается и в настоящее время, но это не только эксперимент, а и практическая работа, которая последовательно улучшает работу московского грузового автотранспорта, приносит большой народнохозяйственный эффект. Сейчас оптимальным планированием охвачено около 10 процентов перевозок и система дает только за счет оптимизации маршрутов более 1 миллиона рублей экономии в год.

Эти результаты могут быть значительно улучшены. Мы не строим иллюзий, будто удастся автоматизировать

и оптимизировать все без исключения процессы управления в Главмосавтотрансе. Принятие оперативных решений в необычных ситуациях все равно останется прерогативой работников управления. Но даже если и половина нынешней работы по управлению будет возложена на электронные вычислительные машины и эта половина работы будет осуществляться методами оптимального планирования, то и такой вполне возможный предел принесет ощутимую эффективность. К этому мы и будем стремиться в ближайшее время.

Выступая на XVII съезде ВЛКСМ, Леонид Ильич Брежнев говорил: «Если выделить самое главное в экономической политике партии на нынешнем этапе нашего развития, то это крутой поворот к повышению эффективности народного хозяйства на основе ускорения научно-технического прогресса. Партия разрабатывает и осуществляет крупные меры по техническому перевооружению производства, совершенствованию его организации и управления, планирования и экономического стимулирования, повышению квалификации и ответственности хозяйственных кадров». Как подчеркивалось на декабрьском (1973 г.) Пленуме ЦК КПСС, в настоящее время речь идет о единой цельной системе мер, направленных на повышение эффективности управления и планирования, улучшения всего хозяйственного механизма.

Конечно, АСУ Главмосавтотранса — это один из наиболее удачных примеров применения математических методов и электронной вычислительной техники, сочетающихся с непрерывным совершенствованием экономических механизмов регулирования. Но такие работы ведут сейчас на тысячах предприятий, в сотнях производственных объединений страны. Подобные работы носят различные названия, различно их содержание, связанное со спецификой отрасли и данного производства. Достаточно упомянуть методы — щекинский, безнарядных бригад в сельском хозяйстве, метод бригадных подрядов в строительстве и многие другие, о которых нам постоянно сообщает пресса.

Я не буду подробно рассматривать здесь проблемы народнохозяйственного масштаба, потому что, начав с простых вопросов, мы уже и так перешли к задачам довольно сложным. Я хочу лишь в общих чертах сказать о задачах текущих и будущих, стоящих перед на-

шей экономической наукой в области оптимизации управления, автоматизации процессов.

Нам еще предстоит многое. Так же как гидростроители, прежде чем сооружать плотины, создают модели будущих водохранилищ и изучают влияние всевозможных прямых и косвенных факторов на свое сооружение, так же и мы, экономисты, должны научиться моделировать процессы, происходящие в народном хозяйстве. Наша задача, разумеется, не только значительнее по масштабам, но и неизмеримо сложнее. Быть может, она столь сложна потому, что содержит слишком много неопределенностей? Требуется осмыслить их с помощью математических методов, с помощью электронной вычислительной техники ввести эти неопределенности в нужное нам русло, чтобы затем научиться управлять наилучшим, оптимальным образом. Мы научились уже строить модели некоторых несложных народнохозяйственных звеньев. Но это всего лишь начало большой работы. Предстоит идти от более простого к более сложному. Предстоит от локальных моделей перейти к моделям комплексным, создать систему моделей оптимального планирования социалистической экономики. Одной из стадий формирования системы оптимального планирования народного хозяйства является автоматизированная система плановых расчетов (АСПР), основанная на применении больших информационно-вычислительных комплексов с постепенно развивающейся системой экономико-математических моделей разного типа.

Предстоит создать систему планирования и управления, при которой появилась бы возможность создавать планы, которые наилучшим образом обеспечивали бы реализацию народнохозяйственных задач. Причем непременно бы учитывали все факторы социально-экономического характера. Именно задачи и принципы построения интегрированной системы планирования заложены советскими учеными в основу работы АСПР. Благодаря широкому применению экономико-математических моделей и вычислительной техники АСПР должна стать важным средством планирования народного хозяйства на всех его уровнях, органически соединить опыт и знания плановых работников с возможностями переработки огромных массивов информации и выработки оптимально сбалансированных вариантов решений в ее автоматизированных подсистемах. В свою

очередь, построение системы комплексного планирования как методической основы АСПР поможет органически увязать генеральные цели развития общества с имеющимися ресурсами (включая усиление программно-целевой стадии планирования).

Система комплексного планирования объединит в единое целое планы социально-экономического и научно-технического развития, планы производства, материально-технического снабжения, капитальных вложений и пр. При этом все компоненты комплексного планирования окажутся друг с другом в тесной взаимосвязи.

Построение комплексной системы планирования, обеспечивающей переход к системе оптимального планирования, приведет к совершенствованию и дальнейшему развитию экономико-математического моделирования, а также к его более глубокому теоретическому обоснованию. Одной из важнейших проблем, которые предстоить решить в этой области советским экономистам и математикам, является разработка системы экономико-математических моделей, отражающей различные иерархические уровни и аспекты (экономические, социальные, научно-технические, экологические и др.) функционирования народного хозяйства, расширения арсенала средств математического анализа экономических проблем, усложнения исходных предпосылок построения отдельных моделей и их системы, чтобы адекватно отражать реальные взаимосвязи.

В постановлении XXV съезда КПСС указано: «...всемерно развивать исследования по проблемам научно-технической революции, повышения эффективности и интенсификации общественного производства, совершенствования управления и планирования народного хозяйства, а также прогнозирования социально-экономических процессов...»

Решением всех этих задач сейчас занята советская экономическая наука. С помощью математических методов, с помощью современных инструментов теории мы должны построить систему оптимального планирования и управления нашим народным хозяйством. Систему гибкую, адаптирующуюся к тем задачам, которые ставит партия.



Академик Н. Жаворонков о новой красоте мира

Вся производственная деятельность человека покоится на трех, отнюдь не мифических китах: энергия, орудия труда, материалы. Материально-технический прогресс, главным показателем которого является рост производительности труда, во все эпохи истории человечества определялся взаимосвязанным созданием и использованием новых энергетических ресурсов, новых орудий труда и новых материалов. Главная роль в создании этого триединого фундамента современного материального производства принадлежит науке. Одна из характерных и определяющих черт современной науки — это углубляющийся и расширяющийся процесс органического срастания науки с производством.

Выдающуюся роль в жизни современного общества играет химическая наука и промышленность.

Химия относится к тем областям знания, которые получили развитие еще в дореволюционной России. Важнейшая роль в этом принадлежит Академии наук. Среди выдающихся химиков мира много русских имен. Начало химическим исследованиям в России было положено М. Ломоносовым, внесшим неоценимый вклад в развитие химии и химической технологии. Расцвет химии в России во второй половине XIX века связан прежде всего с именами Н. Зинина, основателя отечественной школы химиков-органиков, А. Бутлерова, творца теории химического строения веществ, и Д. Менделеева, открывшего фундаментальный закон природы — периодический закон химических элементов. Открытие Д. Менделеева, установившее взаимосвязь между всеми химическими элементами мироздания, явилось началом новой эпохи в химии. Но большинство идей и предложений Д. Менделеева не могло быть претворено в жизнь до 1917 года.

Великая Октябрьская социалистическая революция открыла новые небывалые возможности в развитии науки. Наука стала делом большой государственной важности, объектом постоянной заботы Коммунистической партии и народа. В тяжелые для нашей страны годы химии была оказана громадная по тем временам помощь.

Именно тогда были организованы многочисленные научно-исследовательские учреждения. Был решен во-

прос, значение которого для судеб нашей науки непереоценимо, — судьба Академии наук.

В то решительное время не было недостатка во всякого рода экзотических проектах и предложениях по реорганизации Академии наук. А. Луначарский, вспоминая один из этих сногсшибательных проектов, пишет, что «очень уважаемый коммунист и астроном придумал чудесный план реорганизации Академии наук. На бумаге выходило очень красиво. Предварительным условием являлось, конечно, сломать существующее здание на предмет сооружения образцового академического града». Спасло положение только личное вмешательство В. Ленина. Он буквально предостерегал А. Луначарского, тогда народного комиссара просвещения, чтобы кто-нибудь не «озорничал» вокруг академии. «Не надо давать... съесть академию» — этими словами, вспоминал А. Луначарский, В. Ленин решительно оградил академию от дилетантов и бюрократов. Государственной важности вопрос был решен раз и навсегда. Академия возглавила советскую науку и стала ее главным штабом.

Вождь революции и создатель Советского государства — В. Ленин рассматривал науку как необходимое условие построения социализма, как орудие создания его материально-технической и духовной основы.

И в трудные годы гражданской войны, иностранной интервенции, голода и хозяйственной разрухи Советское государство не жалело средств на организацию широкой сети научно-исследовательских учреждений, развитие фундаментальных и прикладных направлений науки, экспериментальной базы научных исследований, подготовку кадров.

В Российской академии наук было только одно научно-исследовательское учреждение — химическая лаборатория, созданная М. Ломоносовым, в которой могли работать три-четыре человека. Ныне в Академии наук СССР тридцать восемь институтов химического профиля, в том числе всемирно известные: институты общей и неорганической химии, органической химии, элементоорганических соединений, химической физики, физической химии, геохимии и аналитической химии, электрохимии, металлургии, высокомолекулярных соединений, химии силикатов, биохимии, молекулярной биологии, биоорганической химии, нефтехимического синтеза и

другие, в которых работают десятки тысяч человек. Главной задачей академических институтов является проведение фундаментальных исследований, обеспечивающих научно-технический прогресс и выполнение важных народнохозяйственных задач.

Во второй половине XIX века началась дифференциация первоначально единой химии на неорганическую и органическую. По мере увеличения объема знаний эта дифференциация еще больше углубилась. Наряду с этим укрепляется взаимосвязь новых химических дисциплин, а также связь химии в целом с другими областями науки. Границы, разделяющие области знания, становятся все более условными.

Для химии в течение последнего столетия был характерен широкий размах работ по синтезу органических соединений. В этой области были достигнуты выдающиеся успехи, особенно в последние десятилетия. Искусственные и синтетические волокна, синтетические каучуки, искусственная кожа, синтетические смолы и пластические массы, полимерные пленки, фотокиноматериалы, моющие средства, пестициды для борьбы с болезнями и вредителями сельскохозяйственных растений, гербициды для борьбы с сорняками, органические красители и многочисленные лекарственные препараты, синтетические спирты, органические кислоты и эфиры, горючее для двигателей внутреннего сгорания, смазочные масла — вот далеко не полный перечень веществ и материалов, без которых немыслима жизнь современного человека. Органическая химия стала в наше время основой изучения жизненных процессов и познания тайн жизни.

После Октябрьской революции успехи органической химии в целом и специализированных ее областей—нефтехимии, химии углеводов, высокомолекулярных соединений, красящих веществ, тяжелого и тонкого органического синтеза связаны с деятельностью большой плеяды замечательных советских ученых-химиков. Из работ того времени в памяти людей моего поколения наиболее яркое впечатление оставили фундаментальные исследования академика С. Лебедева и его сотрудников по синтезу и изучению строения искусственных каучукоподобных материалов, приведшие в 1928 году к разра-

ботке промышленного способа получения каучука на основе полимеризации дивинила. Пуск и освоение в 1932 году первых в мире заводов синтетического каучука по этому методу был триумфом молодой советской химии.

После войны советскими химиками был разработан и промышленно освоен метод получения стереокаучуков, не уступающих по качеству природным, а по некоторым показателям — даже превосходящих.

В конце 20-х годов Н. Семеновым была сформулирована теория разветвленных реакций, сыгравшая выдающуюся роль в прогрессе химии и химической технологии.

Большим событием в конце 30-х годов была разработка К. Андриановым метода синтеза кремнийорганических полимеров, положившего начало созданию принципиально новых высокотемпературоустойчивых масел, каучуков, клеев, электроизоляционных материалов и организации новой отрасли химической промышленности. В те же годы профессора Г. Сергеев, Р. Удрис и их сотрудники разработали новый способ получения крайне важных химических продуктов — фенола и ацетона из бензола и пропилена. Первый в мире крупный завод по этому методу был пущен в нашей стране в 1949 году. При активном участии ученых-химиков в предвоенные годы в Советском Союзе были созданы важные для народного хозяйства и обороны отрасли химической промышленности: анилинокрасочная, азотная, основного органического синтеза, пластических масс, нефтехимическая и другие.

Неорганическая химия развивалась более медленными темпами, главным образом как научная основа традиционных отраслей химической промышленности — производства минеральных кислот, щелочей, минеральных солей и удобрений, черной и цветной металлургии, промышленности строительных материалов.

Революция в физике в начале XX века распространилась на химию, биологию и другие области науки, захватив постепенно все сферы познания. Физика, механика, математика, астрономия открыли путь атомной энергетике, электронным вычислительным машинам и управляющим приборам и обеспечили выход человека в космос. Но это было бы невозможно без химии, которая создает новые источники энергии и новые материа-

лы, необходимые для энергетики, электроники, космических кораблей и новых машин. Вместе с тем химия ставит перед производством, культурой, бытом человека еще одну кардинальную задачу — замену старых материалов и старых методов их получения и обработки на новые.

В предреволюционные годы в России крупными событиями явились создание физико-химического анализа академиком Н. Курнаковым и развитие исследований в области химии комплексных соединений, или координационной химии, профессором Л. Чугаевым.

Первыми институтами, созданными в Академии наук вскоре после Великой Октябрьской революции, были Институт физико-химического анализа и Институт по изучению платины и других благородных металлов. Они начали работать уже в мае 1918 года. Их возглавили академик Н. Курнаков и профессор Л. Чугаев. После безвременной кончины профессора Л. Чугаева в 1922 году Н. Курнаков стал директором обоих институтов.

Работы Н. Курнакова открыли новый раздел химии, изучающий при помощи физико-химических методов превращения в химических равновесных системах и способы их геометрического изображения. Зависимость между составом и каким-либо свойством, найденная опытным путем, изображается графически в виде диаграмм состав-свойство, а изучение этих диаграмм позволяет делать точные выводы о характере взаимодействия компонентов системы, о природе и границах существования образующих фаз, которые могут быть как индивидуальными соединениями, так и твердыми и жидкими растворами. Эти диаграммы позволяют заглянуть в мир химических превращений и предсказать их характер внутри сложных систем.

Работы Н. Курнакова и его многочисленных учеников сыграли важную роль в получении многих ценных сплавов, в разработке новых металлургических процессов, в освоении минеральных и в особенности солевых богатств нашей страны, таких, как Соликамских калийных месторождений залива Кара-Богаз-Гол. Физико-химический анализ получил широкое развитие и является мощным средством создания новых материалов с ценными свойствами.

Основоположником координационной химии в нашей

стране по праву считается Л. Чугаев. Большой размах получили работы по химии комплексных соединений платиновых металлов. Результаты этих исследований были положены в основу создания в стране промышленности драгоценных металлов.

За шестьдесят лет существования нашего государства советские химики активно участвовали в социалистическом строительстве и создании современной химической промышленности, в обеспечении победы в Великой Отечественной войне.

Советские химики совместно с физиками и учеными других специальностей активно участвовали в разработке химических аспектов проблемы расщепления атомного ядра и путей развития ядерной энергетики: в создании методов получения ядерного горючего, отделения плутония и продуктов ядерного распада от непрореагировавшего урана, разделения изотопов и изучения их физико-химических свойств и т. п.

Для современной неорганической химии характерно развитие структурных исследований с тем, чтобы установить связь между химическим строением и структурой соединения, с одной стороны, и реакционной способностью и физическими свойствами (оптическими, магнитными, электрическими, механическими и др.) — с другой. Свойства каждого неорганического соединения уникальны и могут явиться предметом повышенного внимания с точки зрения использования в народном хозяйстве.

Достигнуты большие успехи в области радиохимии, в синтезе трансурановых новых элементов и разработке оригинальных методов изучения их свойств. Значительно расширена и углублена химия хорошо известных актинидов — урана, тория, нептуния, плутония, люрия, америция и др.

Установилась определенная зависимость между отдельными разделами неорганической химии и областями применения: химия металлов — новые сплавы, конструкционные материалы, сверхпроводники, химия силикатов — строительные материалы, стеклокерамика, цемент и многое другое.

Координационная химия находится в настоящее время в стадии бурного развития. Ее успехи весьма существенны, а возможности практически беспредельны. Принципиально большинство элементов периодической

системы в той или иной степени способны к реакциям комплексообразования. Если же учесть, что роль окружения центрального атома могут выполнять атомы, молекулы или ионы как неорганического, так и органического характера, включая макромолекулы, то станет ясным, что число комплексных соединений практически не имеет предела. Безграничные возможности координационной химии позволяют по-новому определить ее место и роль в химической науке.

Комплексообразование широко используется в процессах разделения и тонкой очистки веществ. Большое значение в промышленности приобретает так называемый металлокомплексный катализ. На его основе уже производятся многотоннажные продукты органического синтеза — ацетальдегид, винилацетат и др.

Биокатализ в живых организмах с помощью ферментов, содержащих атомы того или иного металла, возможно, также связан с образованием комплекса металлов с органическими лигандами. Известно, что такие имеющие исключительно важное значение для жизненных процессов вещества, как составная часть гемоглобина крови и хлорофилл зеленого листа растений, являются комплексными соединениями. Роль центрального атома в первом из них выполняет железо, во втором — магний. Комплексные соединения железа, цинка, марганца и других элементов предложены как микроудобрения и для борьбы с болезнями растений.

Наряду с координационной химией интенсивно развиваются и другие разделы неорганической химии. Разработка проблем неорганической химии позволяет подойти к созданию стройной теории химической связи.

Центральное направление в химии легких элементов (от водорода до хлора) — получение энергоемких соединений, то есть концентрированных носителей химической энергии. Здесь достигнуты существенные успехи.

Важное значение для дальнейшего развития сельскохозяйственной науки и практики, медицины и ряда отраслей техники имеют работы наших ученых в области химии фосфора как в части его неорганических соединений (фосфорная кислота, фосфаты и их многочисленные производные), так и фосфорорганических.

Из всех разделов неорганической химии, пожалуй, с наибольшим ускорением развивалась химия редких элементов.

Ныне таблицу Д. Менделеева заполняют сто шесть химических элементов. Однако их представительство в земной коре разное. Первое место по весу принадлежит кислороду — 47 процентов, затем следует кремний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий, магний, титан. Эти девять элементов образуют более 99 процентов земной коры. Все остальные элементы можно было бы назвать «редкими». Однако к редким относят лишь около сорока элементов. Это название условно и означает, что они, во-первых, мало распространены в природе и, во-вторых, мало освоены — им еще не найдено достаточно широкого применения.

Возможности широкого варьирования характера химической связи в соединениях редкоземельных металлов с неметаллами обеспечивают соответственные возможности варьирования физических и химических свойств этих соединений и получения их с заранее заданными свойствами — электрофизическими, магнитными, оптическими, механическими, огнеупорными и химическими — для различных областей новой техники. Поэтому понятен повышенный интерес к редким элементам. Они еще мало исследованы и таят в себе много непознанного.

Огромное значение приобретают полупроводники, действующие при высоких температурах, и здесь важную роль должны сыграть редкоземельные элементы. Большим достижением последних десятилетий является разработка промышленных методов получения редких элементов. В прошлом служившие лишь своеобразным украшением периодической системы, они постепенно входят в нашу жизнь, и без них нам скоро будет так же трудно обойтись, как, скажем, без железа и поваренной соли.

К редким элементам относятся и инертные, или благородные, газы — гелий, аргон, криптон, ксенон и радон. Репутация благородных у этих элементов сложилась в результате многочисленных и безуспешных попыток связать их в химические соединения.

Использование этих элементов в науке, технике и промышленности как раз и основывалось на их исключительной пассивности. Когда требовалось защитить вещество от какого-либо химического воздействия, его помещали в атмосферу инертных газов. Всем известны криптоновые лампы накаливания, сварка в атмосфере

аргона, ксеноновые дуговые источники света в кинопроекционной аппаратуре и др. Но в июле 1962 года было опубликовано первое сообщение о получении твердого химического соединения ксенона, что вызвало сенсацию в ученом мире. Вслед за этим в ряде стран мира (СССР, США, Югославии и других) возобновились интенсивные поиски методов синтеза и исследования соединений благородных газов.

Это событие еще раз показывает, сколь много сулят ученым исследования «белых» пятен, имеющихся на карте познания природы, и сколь много сенсационных открытий ждет науку на этом пути.

Советским ученым принадлежит приоритет в получении и изучении свойств около пятидесяти новых соединений благородных газов из ста пятидесяти соединений ксенона, криптона и радона, известных к настоящему времени и охватывающих все основные классы химических веществ.

Материалы прочно вошли в производство и быт человека. Материалы — понятие очень емкое. Оно охватывает такие разнообразные природные вещества, как камень, глина, песок, дерево, растительные и животные волокна, кожа, а также получаемые переработкой природного сырья металлы и их сплавы, керамика, вяжущие материалы, стекло, полупроводники, диэлектрики, бумага, картон, полимеры, химические волокна и многие другие.

В ряде случаев изделие требует для своего изготовления многих разнообразных материалов. Так, например, современный пассажирский самолет состоит из многих десятков тысяч деталей, для изготовления которых применяется свыше четырехсот металлических и около шестисот неметаллических материалов. Мы часто воспринимаем материалы во многих изделиях как нечто само собой разумеющееся. Нейлон намного больше известен как чулки и плащи болонья, нежели как полимер, находящий разнообразное техническое применение, над созданием которого трудилось несколько поколений ученых и инженеров. Транзистор намного лучше известен как электронный прибор или карманный приемник, а не как полупроводниковый материал, применяемый в этом и многих других приборах. Некоторые материалы приводят к эффектам, выходящим за пределы их стоимости или области применения. Синтетические волокна и ткани

привели к огромным изменениям в быту. Некоторые люминофоры, продукты многолетней научно-исследовательской работы физиков, химиков, излучающие свет под действием электронной бомбардировки, сделали возможным создание цветного телеизображения при сравнительно небольшом увеличении стоимости телевизора.

От свойств отдельных материалов часто зависит возможность создания той или иной машины или аппарата. Так, для осуществления космических полетов с человеком на борту весьма большое значение имеют скромные по стоимости материалы, защищающие корпус корабля от сгорания при прохождении через плотные слои атмосферы.

На протяжении длительного пути своей истории человек использовал более или менее легкодоступные природные материалы. Наше время характерно ускоряющимся развитием способов создания принципиально новых материалов, не встречающихся в природе. Прогресс в области органических полимеров для пластиков, каучуков, химических волокон, превышающих по своим свойствам природные, в материалах для электронной техники и радиосвязи, в прочных и легких сплавах конструкционного назначения, в искусственных минеральных удобрениях, в синтезе многочисленных простых и комплексных органических и неорганических соединений привел к рождению новых отраслей промышленности и развитию старых.

Продолжая периодизацию истории материальной культуры по главному материалу эпохи — каменный век, бронзовый век, век железа, — наш век часто по праву называют веком синтетических материалов.

Превращение одних веществ и материалов в другие, обладающие заданным комплексом полезных свойств, было и всегда будет главной задачей химии и химической технологии, возможности которых в этом отношении практически неисчерпаемы. Особенно возросла роль химии и химической технологии в синтезе новых неорганических и органических веществ и создании материалов на их основе. В этой области достигнуты выдающиеся успехи, особенно в последние десятилетия.

Дальнейший прогресс атомной энергетики, вычислительной и космической техники, электроники, химического и общего машиностроения, транспорта, связи,

сельского хозяйства и здравоохранения, многих других областей народного хозяйства и самой науки непрерывно требует новых материалов. Надо ли говорить, какие сложные задачи встают в связи с этим перед химией, как расширяется для исследователя спектр исходных веществ и методов получения из них новых соединений и материалов. К примеру, в настоящее время в технике применяются многие тысячи сплавов, в состав которых входит в различных комбинациях более пятидесяти химических элементов.

Наивно было бы думать, что эти комбинации находят по примеру средневековых алхимиков: наугад смешивая и соединяя разные вещества, так сказать, методом проб и ошибок. Но не менее односторонне полагать, что в наши дни все в химии поддается предварительному теоретическому прогнозированию и математическому расчету. Выдающийся французский химик М. Бертло еще в конце XIX столетия отметил, что химия сама создает предмет своего исследования, и эта творческая способность, почти приближающая ее к искусству, отличает химию от описательного естествознания. Думаю, эта мысль не обесценилась и сегодня. И хотя химия в наше время становится все более точной наукой, базирующейся на закономерностях, связывающих свойства вещества с их химическим составом, кристаллической структурой, природой химической связи, искусство синтеза новых химических соединений есть и будет одним из важных условий ее развития. И создание новых материалов, из которых современный человек, в свою очередь, создает «вторую природу», — яркое тому свидетельство. Уже известно около шести миллионов химических соединений. Большинство из них синтетические, то есть результат творческой деятельности ума и рук человеческих. Число их увеличивается. Только в нашей стране ежегодно создается около сорока тысяч новых соединений. Остановимся лишь на некоторых примерах, касающихся неорганических материалов.

Прежде всего необходимо сказать о жаропрочных и сверхпрочных материалах, а также материалах с особыми электрофизическими свойствами. В нашем народном хозяйстве они сейчас применяются очень широко и требуются в больших количествах.

Получен ряд новых тугоплавких веществ на основе окислов редких металлов, разработаны новые методы

синтеза окисных и бескислородных соединений, и на их основе созданы высокопрочные огнеупорные материалы и защитные жаростойкие покрытия.

Решена проблема превращения графита в алмаз. На основе нитрида бора создан и выпускается промышленностью сверхтвердый материал — боразон. По твердости он мало уступает алмазу, а по теплостойкости существенно его превосходит. Боразон не теряет своих режущих свойств даже при температурах, при которых алмаз сгорает.

Наука наших дней нашла путь к получению синтетических рубинов, сапфиров, изумрудов, превосходящих по своим полезным свойствам естественные. В последние годы в физическом институте имени П. И. Лебедева АН СССР разработан простой оригинальный метод получения «драгоценных» синтетических камней с ценными техническими свойствами, названных «фианитами».

Как известно, радиотехнической промышленности крайне необходим пьезокварц. Но его природные запасы очень ограничены. Как быть? Ученые ответили и на этот вопрос. Был разработан метод гидротермального выращивания из растворов крупных монокристаллов пьезокварца и организовано их промышленное производство. Природе для выращивания таких кристаллов требовались миллионы лет. Синтезированы новые вещества, необходимые для модуляции лазерного луча и изготовления устройств оперативной памяти. Созданы принципиально новые материалы на основе стекла с повышенной прочностью и термостойкостью — ситаллы. Получены прозрачные и непрозрачные ситаллы для астрономической аппаратуры. В частности, разработаны ситаллы, из которых изготовлены уголковые отражатели для лазерной локации Луны, испытанные в совместной работе с фирмами Франции и показавшие лучший результат, чем кварцевые.

Сверхпластичность — честь открытия этого интереснейшего явления, сделанного в середине сороковых годов, принадлежит советскому академику А. Бочвару. Познание и использование закономерностей сверхпластичного состояния металлов и сплавов имеет большое значение для разработки тугоплавких материалов, позволяет применить новые методы обработки особо хрупких материалов давлением. Любые металлические де-

тали самой сложной формы можно теперь изготовить по новому способу из высокодисперсных гранул, получаемых кристаллизацией металлов в распыленном состоянии в вакууме или среде инертных газов.

Исследован новый класс сплавов системы алюминий — литий — магний, и на этой основе разработан сверхлегкий высокопрочный сплав, не имеющий аналогов за рубежом. Он широко применяется в самолето- и ракетостроении и дает экономию веса конструкций на 10—15 процентов. Сплав запатентован в основных капиталистических странах.

Разработаны новые марки высокопрочной литейной нержавеющей стали. Незаменимыми конструкционными материалами для космической техники и химического машиностроения стали в настоящее время титановые сплавы. Они использовались для изготовления ряда ответственных конструкций. Заметим, что само производство титана началось всего лишь около двадцати лет назад. Создание титановой промышленности — большая победа нашей науки и техники.

Весьма перспективным направлением в получении высокопрочных материалов является разработка композиционных материалов различных типов. Это направление возникло в последнее десятилетие. Все шире применяются композиционные материалы на основе сплавов, керамических масс и пластиков, армированных металлическими, стеклянными, кварцевыми, органическими и графитными волокнами. Эти материалы сочетают свойства легкой, но малопрочной матрицы и высокопрочных волокон. Так, например, композиционный материал — алюминий, армированный борным волокном, по прочности превосходит алюминиевые сплавы, а по удельной прочности даже и титановые сплавы.

Большие количественные и качественные изменения произошли в последние десятилетия в производстве первичных черных и цветных металлов. Научные исследования в области кинетики и термодинамики важнейших процессов восстановления металлов из руд, очистки их привели к созданию новых интенсивных металлургических процессов. В нашей стране были сконструированы и построены самые крупные доменные печи. В декабре 1974 года вступила в строй Криворожская домна производительностью четыре миллиона тонн чугу-

на в год, что равно всему производству его в дореволюционной России. В широком масштабе проводятся и работы по созданию сталеплавильных агрегатов непрерывного восстановления железа из руд каменным углем, непрерывной разливки стали и прокатки.

Такого рода агрегаты должны в корне преобразить металлургические заводы, исключив коксовые и доменные печи. Это резко снизит капиталовложения, повысит производительность труда, улучшит условия работы обслуживающего персонала и заметно уменьшит загрязнение окружающей среды.

Значительные успехи достигнуты в создании методов получения и освоения промышленного производства элементарных полупроводников, что определяется прогрессом в области химии и технологии веществ особой чистоты. А повышение степени чистоты почти всегда приводило к открытию новых свойств и явлений, к повышению уровня знаний о веществе как форме материи.

Требования к чистоте непрерывно возрастают. Атомная техника в свое время поставила перед наукой задачу создания веществ и материалов, содержащих не более тысячной доли процента нежелательных примесей. Электронная техника увеличила эти требования до миллионных долей. В настоящее время техника передачи информации с помощью волоконной оптики требует кварцевое стекло с содержанием уже миллиардных долей процента примесей железа и воды. Соответственно это вызывает необходимость разработки методов и приборов для анализа микропримесей. Это невероятно трудные задачи.

Достижения в создании предельно чистых материалов и прогресс химии вообще невозможны без успехов химии аналитической. Тончайший анализ сложных смесей, определение ничтожных количеств примесей — все это требует новых методов анализа. Взаимодействие агрессивных веществ ставит проблемы бесконтактного, дистанционного анализа. Непрерывный анализ и контроль необходимы при автоматизации производства.

Газохроматографический, радиоактивационный, рентгенофлуоресцентный, рентгеноэлектронный, масс-спектральный методы анализа — это уже соединение достижений химии, электроники, физики высоких энергий,



кристаллографии. И в связи с этим я должен сказать, что вообще в наши дни идет энергичное сближение, взаимное обогащение различных наук, изучающих сокровенные тайны природы. В союзе с физикой и математикой химия стала главной силой познания многих биологических механизмов и расшифровки биологических структур. Именно с помощью химических методов уже расшифрована структура сотен важнейших белков и нуклеиновых кислот, выяснено строение новых антибиотиков, витаминов, гормонов и других важных для всего живого веществ-регуляторов. Получены тысячи новых лекарственных препаратов, созданных путем химического видоизменения природных активных соединений: это новейшие антибиотики, биологически активные белки. Химия сыграла особую роль в расшифровке генетического кода и в синтезе простейшего, но настоящего гена.

Но и биология, в свою очередь, сполна оплачивает усилия химиков. Наблюдение за процессами в живых организмах подсказывает химии новые идеи, питает творческое воображение исследователей-химиков. Мы уже успешно используем принципы построения биологических макромолекул при создании синтетических полимерных материалов. Новые типы катализаторов на наших химических заводах будут работать на тех же принципах, что и биологические катализаторы-ферменты. Дело в том, что ферменты обладают уникальной способностью ускорять строго определенную, «свою» реакцию и притом в условиях низких температур и обычных давлений. В этой избирательности и непревзойденной активности они значительно опережают все традиционные катализаторы.

Наука, все глубже проникая в микроструктуру материи и необъятные просторы вселенной, обнаруживает новые неизведанные свойства материи. Несомненно, в недалеком будущем наука полностью раскроет тайны фотосинтеза и способы управления им для большего превращения энергии солнечных лучей в потенциальную энергию органического вещества растений с целью увеличения возобновляемых жизненных ресурсов, найдет методы преобразования солнечной энергии с высоким коэффициентом полезного действия, овладеет термоядерной реакцией и обеспечит человека практически неограниченными ресурсами энергии, осуществит синтез белка

вне клетки, разработает методы управления наследственностью, создаст методы синтеза всех компонентов пищи чисто химическим путем и способы получения пищевых продуктов, минуя фотосинтез, и сделает много других открытий, увеличивая свою власть над природой, с тем чтобы сохранить и улучшить саму природу, уничтожить на земле голод, нищету, болезни, страх войны и полностью обеспечить материальные и духовные потребности всех людей земли.

На «перекрестках» различных областей науки нас ожидают открытия, способные преобразить производство. Крупные научно-технические проблемы нашего времени — это обязательно проблемы комплексные. Взаимодействие науки и практики можно сравнить с цепной реакцией: новые открытия вызывают к жизни новые производства, а забота о совершенствовании этих производств становится мощным стимулом развития науки.

Во все времена вопрос о том, какие материалы создавать, какие свойства им придавать, был и всегда будет неотделим от вопроса, каким способом это делать. Ответы на этот первостепенной важности вопрос дает технология. Это слово составлено из греческих слов «техно» — искусство, ремесло или производство и «логос» — учение, наука. И дословно и по смыслу «технология» — наука о производстве. Любой, пусть даже самый необходимый, новый материал получает права гражданства лишь тогда, когда создадут для него промышленную технологию. Другими словами, найдут совокупность методов и средств для его дешевого производства в нужных количествах.

Технологию принято подразделять на механическую и химическую. Но в самых разных производствах химические изменения исходных веществ наиболее общие, глубокие и главные. И в развитии химической технологии сфокусированы самые существенные черты развития технологии вообще. Она стала прочным фундаментом не только химической, но и газовой, горнорудной, металлургической, микробиологической, целлюлозно-бумажной, фармацевтической, пищевой, многих других отраслей современного производства.

Цель любого производства: получение конечного продукта при минимальных затратах. Значит, надо выбрать соответствующие этой цели процессы, рациональ-

ное оборудование, построить разумную схему соединения машин и аппаратов. Предусмотреть автоматизацию контроля и управления производством. Одним словом, главнейшая задача химической технологии — изыскание наивыгоднейших условий проведения химических процессов в цехах, на заводах и комбинатах.

Это задачи инженера-химика. К сожалению, иногда совершенно несправедливо, неоправданно противопоставляют творческий труд химика-исследователя якобы нетворческому труду химика-инженера. За долгую научную деятельность мне пришлось решать и проблемы «чистой» науки, и прикладные задачи — задачи технологии. Многие инженерные вопросы имеют фундаментальный научный характер. Они не менее сложны в интеллектуальном плане, чем чисто теоретические проблемы. А решения их не менее изящны и приносят не меньшее моральное удовлетворение. Химик-исследователь постоянно добывает все новые знания, синтезирует новые вещества, изучает их свойства, кинетику реакций. Инженер-химик творчески «овеществляет» эти знания, соединяет их с элементами обширных знаний других областей науки: механики, биологии, математики, экономики, кибернетики. Это объединение различных знаний служит инженеру-химику для разработки новых методов производства, новых технологических процессов, аппаратов, для практики. Химик-исследователь познает новое, химик-инженер создает новое. Наибольший успех будет достигнут лишь тогда, когда объединяются усилия исследователей и инженеров, когда они могут по праву разделить этот успех.

Горизонт технологии очерчивают и расширяют прежде всего естественные науки. Но и сама технология в этом процессе не безучастна. Она решительно намечает пути собственного развития. Один из магистральных путей в будущее — создание агрегатов-гигантов, агрегатов большой единичной мощности.

Научно-техническая революция поставила перед технологией задачу исключительно важную: предотвратить загрязнение окружающей среды, сохранить, улучшить природу нашей планеты. К этой глобальной проблеме приковано всеобщее внимание. Да, пока еще созидательные силы природы значительно превосходят производительные силы человека. Растения, микроорга-

низмы и животные планеты выполняют геохимическую работу, многократно превышающую возможности мировой индустрии. Но силы человека быстро растут! Уже сегодня он способен серьезно нарушить природное равновесие на больших территориях.

Ограничить вмешательство человека в жизнь природы, приостановить индустриализацию? Это невозможно, это не выход из положения. Скорее нелепость. Наоборот, науку и промышленность надо использовать как мощное средство сохранения и увеличения природных ресурсов. Улучшение биосферы возможно! На основе познания законов эволюции биосферы в условиях современного, быстро меняющегося мира мы должны разработать разумную технологию, которая обеспечит не пассивную «охрану», а бережное и умное пользование ресурсами планеты. Современная химия дает возможность вводить отходы и отбросы производства и потребления обратно в круговорот процессов воспроизводства, превращать отходы в ценное сырье. Еще Д. Менделеев указывал: «Главная цель передовой технологии — отыскание способов производства полезного из бросового, бесполезного».

«Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» предусматривают: «...разрабатывать научные основы технологии с преимущественным использованием замкнутых циклов».

Замкнутые технологические циклы, полностью исключающие вредные «выбросы» в атмосферу и водоемы, — главное орудие борьбы за чистоту планеты. Наша страна — пример решения этих проблем. Можно привести множество подтверждений того, как меры, принятые в данном направлении нашей партией и правительством, претворены в жизнь.

Столица нашей Родины — Москва стала одним из самых чистых городов мира. Из города выведено более трехсот предприятий, загрязнявших атмосферу. Все электростанции переведены на газ. Аналогичные меры принимают во всех крупных промышленных городах страны. Очистительные сооружения на Байкальском целлюлозном заводе полностью исключают возможность загрязнения уникального озера. «Обезврежены» сточные воды аналогичных заводов на Ладоге.

Химическая технология — самостоятельная наука

со своими крупными проблемами. Знаменательно то, что развитие химии как науки сопровождалось ее дифференциацией, а химическая технология после отделения от химии, напротив, обрела характер единой науки о производстве. Но, разумеется, ее развитие зависит от фундаментальных исследований, научных открытий.

В дореволюционной России наука была уделом ученых-одиночек. И это при жадной тяге к знанию, созиданию культурных и нравственных ценностей — одном из замечательных свойств нашего национального характера.

В России тех лет низкий уровень производства, отсутствие инженерных кадров и многие другие причины ставили химическую промышленность в полную зависимость от иностранного капитала. Из-за границы ввозилось подавляющее большинство химических продуктов и даже сырье для минеральных удобрений.

Резко изменилось отношение к химической промышленности с приходом к власти народного правительства...

Приравнять транспортировку минеральных удобрений к перевозке хлеба — об этом говорило уже одно из первых постановлений Советского государства. Созыв первого совещания по синтезу каучука, разработка богатств содовых озер в Омской губернии, воссоздание и реконструкция нефтяной промышленности — все это замечательные примеры личной инициативы Владимира Ильича Ленина и его внимательного отношения к перспективам развития химии. В работе «Очередные задачи Советской власти» сказано: «Подъем производительности труда требует прежде всего обеспечения материальной основы крупной индустрии: развития производства топлива, железа, машиностроения, химической промышленности».

Даже теперь представляются почти невероятными темпы, которыми развивалась химическая промышленность после революции. К концу второй пятилетки, в 1937 году, достигнуто пятнадцатикратное увеличение ее продукции по сравнению с 1913 годом. Были построены сотни крупных заводов. К 1940 году наша страна вышла на второе место в мире по производству таких ценных химических продуктов, как серная кислота, минеральные удобрения, красители.

После Великой Отечественной войны химическая

промышленность продолжала развиваться ускоренными темпами, опережая многие другие отрасли.

Современная химия многолика и вездесуща. Чем сокровенней тайна живой или неживой природы, тем более необходимо для ее разгадки вмешательство химии. Она простирает свое могущество на познание самых удивительных явлений природы — от процессов в живой клетке до превращения веществ в глубинах земли и океана, на других планетах и в космосе.

Академик
Б. Петров
о первых шагах
во Вселенную

За каждым космическим полетом — труд. Вчитайтесь в биографии космонавтов, и вы увидите, что каждый день их жизни был подчинен главному: закалить свой организм, подготовить свой разум к встрече с космосом. Нет, космонавтами они стали не вчера, а много раньше — они давно уже воспитали в себе готовность к подвигу.

«Иногда нас спрашивают: зачем нужна такая напряженная работа? Зачем мы работаем так, зная, что в общем-то работаем на износ? Но разве люди, перед которыми поставлена важная задача, большая цель, разве они будут думать о себе, о том, насколько подорвется их здоровье, сколько именно можно вложить сил, энергии и старания, чтобы их здоровье не подорвалось. Настоящий человек, настоящий патриот, комсомолец и коммунист никогда об этом не подумает. Главное — выполнить задание».

Эти слова принадлежат Юрию Алексеевичу Гагарину.

Работать как Гагарин! — значит отдавать всего себя делу, которому служишь вне зависимости от того, работаешь ты космонавтом, врачом, трактористом или токарем. Чтобы стать космонавтом, надо много знать. А разве инженеру, агроному, высококвалифицированному рабочему можно знать мало? Знание — богатство, которое может получить каждый. Надо только учиться. Всю жизнь. Упорно, целеустремленно. Как Гагарин.

Учиться как Гагарин! — значит никогда не останавливаться на достигнутом, дружить с книгой, не отставать от развития техники и производства. А миллионам школьников Юрий Гагарин говорил:

«Помните, друзья: путь в космос для каждого из нас начинается здесь, на Земле. Он пролегает через хорошие сочинения по литературе, через отличную контрольную по математике, через длинные химические формулы и физические лабораторные работы. Он, этот полет, начинается на ваших спортивных площадках, в ваших слесарных и столярных мастерских, в полях, где вы помогаете взрослым... Самая большая победа придет только к тому, кто умеет одерживать над собой самые маленькие, незаметные для других победы».

Путь к мечте никогда не бывает легок. Юрий Гагарин, познав и выдержав водопад славы, которой не бы-

ло еще ни у одного человека, всегда подчеркивал, что в жизни он сделал лишь первый шаг. Гагарин мечтал о полетах к Марсу и на Луну, о новых дорогах во вселенной, о более совершенных кораблях и орбитальных станциях. Его мечты были реальны, и он делал все, чтобы приблизить их.

Мечтать как Гагарин! — значит упорно и настойчиво добиваться задуманного и щедро делиться своей мечтой, радоваться за товарищей, помогать им, поддерживать. И не случайно во всех, кто идет в космос, мы видим гагаринские черты, узнаем их, радуемся, что отряд космонавтов свято хранит традиции первопроходца вселенной.

Гагарин стал символом свершений молодежи 60-х годов, ее самоотверженности, готовности к подвигу. Он встал в один ряд с Николаем Островским и Валерием Чкаловым, с героями гражданской и Отечественной войн, со строителями Магнитки и целинниками.

Жить как Гагарин! — значит побеждать.

Нам посчастливилось начать космическую эпоху человечества. И мы, советские люди, гордимся, что первыми вышли на внеземные трассы. Некоторые направления космических исследований в отдельных странах, разумеется, отличаются. Однако существуют важные этапы в развитии космонавтики, которые обеспечивают движение вперед. Это прежде всего запуск первого искусственного спутника Земли, полет человека в космос, выход человека в открытое пространство, освоение техники дистанционного «вождения» автоматов к Луне и планетам, осуществление мягкой посадки на Венеру и Марс. Подавляющее большинство таких этапных задач впервые решили советские ученые и специалисты, чем завоевали для Советского Союза всемирное признание первооткрывателя и первопроходца космических трасс.

Запуск 4 октября 1957 года искусственного спутника Земли и первый полет человека в космос по праву вошли в историю цивилизации как величайший подвиг науки и человека. Для их осуществления потребовалось преодолеть огромные технические трудности, связанные с созданием мощной ракеты-носителя, космического корабля, систем жизнеобеспечения. Но не меньшее значение имело и преодоление психологического барьера, который всегда встает на пути к неизведанному.

Дорогу в космос человеку открыл легендарный старт 12 апреля 1961 года Юрия Алексеевича Гагарина на корабле «Восток». Его путем пошли другие космонавты.

Алексей Архипович Леонов первым шагнул из люка корабля в космическую бездну. Тем самым он доказал, что человек способен жить и работать в открытом космосе, снял всякие сомнения относительно возможности выполнения различных операций в столь необычных условиях. Вслед за ним советские и американские космонавты не раз проводили эксперименты вне корабля.

Первые достижения космонавтики, будь то полеты вокруг Земли или старты автоматических станций к Луне, Марсу и Венере, связаны с именем выдающегося советского ученого и конструктора академика Сергея Павловича Королева, с творческим трудом его соратников. Под его руководством создавались уникальные ракетно-космические системы и комплексы, которые позволили начать широкие исследования космического пространства и планет.

Чем дальше уходят от нас незабываемые дни 1961 года, тем чаще возвращаемся мы к ним. Это было начало, первые шаги, которые, как известно, всегда самые трудные. Огромное счастье было работать рядом с Сергеем Павловичем, встречаться с ним, обсуждать и первоочередные задачи космонавтики, и ее будущее.

В начальный период ведущие державы — Советский Союз и США — направляли усилия на решение сходных задач. Создавалась необходимая техника, добывались первые сведения о космическом пространстве. Вслед за историческим полетом первого советского спутника ученые США направили на орбиту свой «Авангард». Еще через несколько лет аналогичная картина наблюдалась при первых пилотируемых полетах.

В исследованиях Луны и планет устремления обеих космических держав также во многом совпадали. Они были подчинены в основном получению первичной информации о небесных телах, обработке различных технических средств для полетов к нашему естественному спутнику и в дальний космос. Успешные рейсы советских автоматических станций серий «Луна», «Венера», «Марс», «Зонд» и американских «Рейнджер», «Сервейор», «Лунар орбитер» и «Маринер» продемонстрирова-

ли высокую эффективность автоматов для систематических научных наблюдений.

Накопив необходимый опыт в решении этапных задач космонавтики, создав мощную технику, ведущие космические державы идут своими путями. Процесс этот закономерен и понятен. Круг доступных исследованию космических объектов значительно расширился. Перед каждой страной встали проблемы выбора первоочередных целей исследования.

Известно, что ученые обычно выдвигают гораздо больше проблем, чем можно и целесообразно реализовать в тот или иной срок, а космические исследования обходятся недешево. Поэтому важно наилучшим образом определить стратегическую цель, выбрать, чему отдать предпочтение на данном этапе.

С другой стороны, заранее трудно бывает предугадать, какие именно направления принесут максимальный научный и практический эффект. Значит, космическая программа должна быть гибкой и многоплановой, предусматривать широкий поиск в новых, порой еще не изученных областях. При этом нельзя забывать, что для достижения тех или иных целей необходима аппаратура и ракетно-космические комплексы, в достаточной мере надежные и экономически оправданные.

Цели советской космической программы определяются требованиями науки, народного хозяйства и, конечно, научно-технического прогресса.

Укрупненно основные разделы советской космической программы можно сформулировать так. В интересах науки — дальнейшее исследование свойств околоземного и межпланетного пространства, физической природы и происхождения Луны, планет и Солнца. Сюда же можно отнести исследование и контроль процессов, протекающих в космосе, изучение влияния деятельности Солнца и космических лучей на процессы в атмосфере Земли, наблюдение Земли и атмосферных образований из космоса, астрофизические исследования и другие задачи внеатмосферной астрономии.

Другой раздел, тесно связанный с первым, определяется насущными запросами народного хозяйства. Это использование околоземного пространства для практических задач совершенствования связи, метеорологии, навигации, геодезии, разведки полезных ископаемых, изучение природных ресурсов в интересах сельского хо-

зяйства, лесоводства, рыболовства. Космонавтика призвана способствовать научно-техническому прогрессу, передавать другим отраслям все больше и больше добытых ею сведений, приносить практическую пользу.

Советская программа предусматривает планомерное решение важнейших научных и практических задач космонавтики. В распоряжении советской науки сегодня есть автоматические станции различных типов, способные выполнить различные задачи как в околоземном космосе, так и при исследовании планет. Станции типа «Луна» могут не только доставлять в различные районы естественного спутника Земли самоходные аппараты (два лунохода уже успешно работали на Луне в течение многих месяцев), но и забирать пробы лунного грунта и привозить его в лаборатории ученых. Великолепная работа на Венере и возле нее станций типа «Венера» — две из них в октябре 1975 года совершили мягкую посадку на планету и передали на Землю панораму ее поверхности— уже многое прояснили в отношении этой загадочной планеты, обладающей очень мощной атмосферой. Советские «Марсы» изучали красную планету, став ее искусственными спутниками. Необходимая для познания ближайших к Земле небесных тел ракетно-космическая техника развивается и совершенствуется. Это направление исследований имеет принципиально важное значение, так как появляется возможность сравнить получаемые при исследовании планет данные, их геологию, физические свойства с земными. Такое сопоставление планет позволяет лучше узнать Землю.

Нашими учеными и специалистами созданы различные средства для околоземных полетов. Серии спутников «Космос», «Интеркосмос», «Прогноз», «Метеор», «Молния» и другие позволяют осуществлять разнообразные научные исследования и использовать космос для нужд различных отраслей народного хозяйства, например метеорологии, радио и телесвязи и т. д.

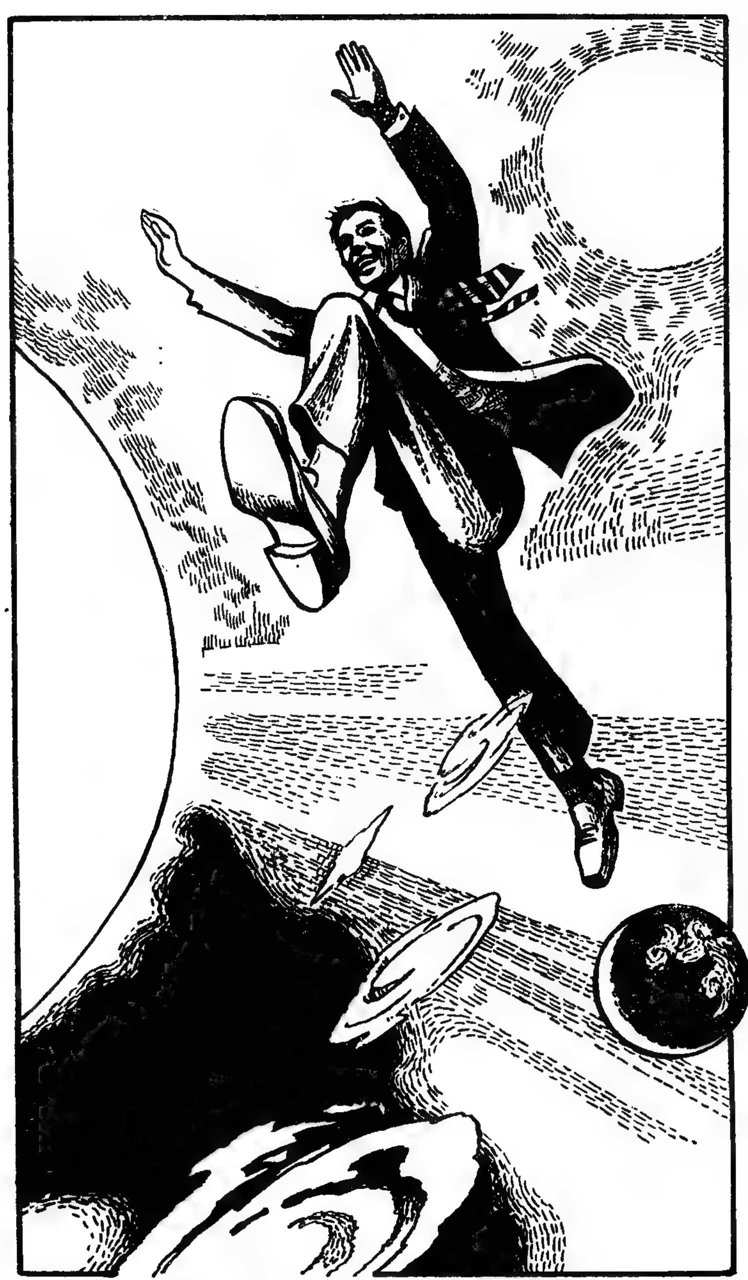
Но особое место в космонавтике принадлежит пилотируемым полетам. Автоматы, возможности которых возрастают с каждым годом, — подлинные разведчики вселенной. Еще на многие годы они останутся практически единственным орудием непосредственного исследования дальнего космоса и планет. Насыщенные разнообразной научной аппаратурой, они позволяют получать и затем передавать на Землю по радиотелемет-

рическим и телевизионным каналам большой объем информации об этих районах и протекающих там физических процессах. В то же время решение некоторых задач автоматами весьма затруднительно. Взять хотя бы проблему солнечных вспышек, играющую первостепенную роль в прогнозировании радиационной безопасности полета космонавтов. Космонавт-специалист может на основании личного опыта и творческой инициативы внести оперативные изменения в программу исследований, значительно более полно провести оптические наблюдения, определить участок зарождения вспышки и т. п. Весьма важна роль космонавта-ученого в изучении различных кратковременных процессов в космосе, внеатмосферных астрономических наблюдениях и изучении Земли и ее ресурсов из космоса.

Примером комплексного исследования космического пространства с непосредственным участием людей являются пилотируемые орбитальные станции «Салют», способные работать также и в автоматическом режиме. Они оборудованы сложнейшей техникой, более ста научных экспериментов проводится на борту космических лабораторий. Полеты в космос людей стали теперь продолжительными — на «Салютах» созданы все необходимые условия для длительного пребывания на них экипажа. В течение многих недель космонавты ведут различные исследования Земли, Солнца, звезд, осуществляют технические эксперименты, отрабатывают новую аппаратуру.

Многие проблемы космических исследований носят глобальный характер и требуют проведения комплексных экспериментов. В этой области международное сотрудничество, объединение усилий ученых и специалистов разных стран является особенно плодотворным.

Сотрудничество Советского Союза с другими социалистическими странами началось, по существу, сразу же после запуска первого искусственного спутника Земли, когда были организованы наблюдения полета спутников по согласованной программе. С 1967 года усилиями девяти социалистических стран реализуется программа «Интеркосмос», в соответствии с которой регулярно запускаются спутники серии «Интеркосмос», геофизические и метеорологические ракеты, создаются станции космической связи.



Развивается сотрудничество с Индией. Первый индийский спутник «Ариобата» был запущен советской ракетой-носителем с советского космодрома. Проводятся совместные космические эксперименты и со шведскими учеными. Широкая программа сотрудничества с Францией охватывает проблемы космической физики, космической метеорологии, связи, биологии и медицины.

В соответствии с соглашением между СССР и США в 1975 году был блестяще осуществлен совместный полет космических кораблей «Союз» и «Аполлон», во время которого была осуществлена их стыковка в космосе, взаимный переход космонавтов из корабля в корабль и выполнен ряд совместных экспериментов. Фактически была создана первая международная орбитальная станция с интернациональным экипажем на борту и открыта новая страница в развитии космонавтики.

Проникновение в космос человека и его посланцев — автоматических аппаратов — закономерный процесс. Человек дерзает и непрерывно движется вперед, опираясь на мощь современной техники и приумножая ее. На пути прогресса, и в частности, в покорении космического пространства, каждый новый шаг — это результат огромного труда, концентрации знаний, воли и энергии выдающихся ученых, героических космонавтов, огромных коллективов, участвующих в создании новой техники. Поэтому каждый такой шаг достоин большого уважения как очередное звено в цепи достижений, ведущих к познанию и освоению вселенной.

Космическая техника впитала в себя важнейшие достижения науки — это вершина всего того нового, что есть в современной технике. Выдающиеся успехи нашей страны в космонавтике стали возможными лишь благодаря высокому уровню промышленности, созданной в процессе социалистического строительства, благодаря передовой советской науке и технике.

Социалистическая наука, успехами которой по праву гордится все прогрессивное человечество, ведет отсчет от Октября. Революция высвободила огромную энергию, таящуюся в народе, она дала возможность простому человеку подниматься к вершинам науки и искусства. Именно с Великого Октября начинается биография многих выдающихся ученых и конструкто-

ров, под руководством которых осуществлялось развитие ракетной и космической техники. Великий Октябрь вывел наш народ на основные магистрали развития цивилизации, и мы, ученые, счастливы, что у нас есть все возможности, чтобы осуществлять самые дерзновенные мечты человечества. Исследование и освоение космического пространства относятся именно к таким выдающимся свершениям XX столетия.



Академик Р. Сагдеев об орбитах дружбы и поиска

В 1976 году исполнилось 10 лет Совету «Интеркосмос», организации, созданной при Академии наук СССР для координации всех международных программ нашей страны. Юбилей — прекрасная возможность еще раз взглянуть на сделанное, оценить минувшую работу, выделить главное.

Я пришел к космосу несколько позже. Как раз десять лет назад я был в Триесте. В Италии, в международном центре собрались специалисты из нескольких стран. В течение полугода мы обсуждали самые интересные и нерешенные задачи по теории плазмы. Рождались совместные проекты, планы, в том числе и в космосе. У меня был интерес к физике космоса, как у теоретика, которому не суть важно, где идут плазменные процессы — в лаборатории или в естественных условиях.

Интерес к плазме и привел меня в Институт космических исследований, когда появилась возможность экспериментировать не в лаборатории, а в космическом пространстве. Причем в минувшее десятилетие международное сотрудничество в этой области стало бурно развиваться. Можно проиллюстрировать это развитием программы «Интеркосмос». Первые работы ученых социалистических стран связаны с использованием сравнительно простых приборов. Результаты были получены очень интересные, и это вызвало качественный скачок в космическом приборостроении. Родилось новое поколение ученых в социалистических странах — специалистов по космической физике. Некоторые из них получили международное признание. В частности, среди руководителей такой авторитетной организации, как КОСПАР, сейчас представители Болгарии, ГДР, Чехословакии, Польши. Рост авторитета отдельных ученых связан с бурным развитием космических наук в этих странах. Но я вспоминаю начало сотрудничества — тогда немало было скептиков, которые считали, что небольшие страны не смогут на равных работать с «великими космическими державами». Жизнь опровергла это мнение. Ученые любой страны способны участвовать как равноправные творческие партнеры в крупных международных космических программах. И промышленность этих стран вносит достойный вклад в исследование космоса.

Особое место в деятельности Совета «Интеркосмос» принадлежит кооперации ученых социалистических

стран. Сначала эксперименты носили камерный характер — проектировались небольшие спутники. Постепенно мы перешли к крупным проектам, в частности по ракетному зондированию верхних слоев атмосферы. Эти ракеты были битком набиты научной аппаратурой. Использовалось огромное количество интегральных схем, электронных приборов. С их разработкой рос уровень точного приборостроения. Ученые социалистических стран стали не «пассажирами» на спутниках и ракетах, они превратились в их полновластных «хозяев». Созданы технические средства эксплуатации космических аппаратов, позволяющие получать научную информацию со спутников непосредственно на приемные станции, расположенные в этих странах. Запуски «Интеркосмосов» второго поколения показали, что рождается качественно новый этап в сотрудничестве ученых социалистических стран.

В орбиты «Интеркосмоса» входят и капиталистические страны: Индия, Швеция, Франция... У нас в Институте космических исследований есть специальный отдел, который занимается систематизацией международных программ, прогнозирует их развитие, обобщает результаты экспериментов.

Лично же мои интересы как ученого связаны с проектом «Аракс». Для меня он начинался задолго до переезда в Москву. И. Жулин, заместитель директора ИЗМИРАНА, однажды приехал в Новосибирск, где я тогда работал, чтобы рассказать мне о необычном эксперименте. Вместе с французами началось обсуждение проекта, и нужен был человек, имеющий большой опыт работы с лабораторной плазмой.

В 1970 году проект получил поддержку Совета «Интеркосмос». Вскоре в Ереване встретились наши ученые и французские, чтобы обсудить совместную работу. Название «Аракс» означает «искусственное полярное сияние» и в то же время это дань уважения Еревану, где нас так радушно встречали. На ракете в районе острова Кергелен была поднята в космос плазма.

Пучок частиц, следуя вдоль магнитных силовых линий, сначала удалялся от Земли на 25 тысяч километров, а затем возвращался. Его наблюдали в районе Архангельска. Около 80 тысяч километров — такова протяженность пути, пройденного электронами. Пучок шел не по вакууму, а сквозь космическую плазму и

поэтому сильно деформировался. Он стал своеобразным скальпелем, вскрывающим неизвестные процессы околоземной плазмы. Эксперимент необычен. Он потребовал таланта многих ученых. Очень трудно подсчитать всех ученых, инженеров, рабочих, которые внесли свою лепту в «Аракс». Полностью в течение пяти лет — несколько десятков. И столько же у французов. Но эпизодически число ученых увеличивалось в несколько раз. Особенно когда требовалось решать чрезвычайно сложные технические задачи. К примеру, в Киеве рождалась электронная пушка. Работал Институт имени Патона. Вокруг ракеты нужно было создать «плазменный зонтик» — ведь мы не могли заземлить установку обычными способами. Устройство для создания плазменного облака (роль земли и выполняла ионосфера) было разработано в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова. Таким образом, можно смело сказать, что в международном сотрудничестве принимают участие в той или иной форме очень многие научные учреждения страны.

Космос — это своеобразное зеркало того, что происходит на Земле. Нельзя успешно исследовать ближние и дальние миры без широкой кооперации ученых. Но размах международного сотрудничества в космосе был бы невозможен, если бы планета находилась в тисках «холодной войны». Совместные усилия стран социалистического содружества, Программа мира, Заключительный акт совещания в Хельсинки — вот те пусковые площадки, с которых стартуют в космос многие страны. И те, что уже по праву называются «космическими», и те, ученым которых еще предстоит пережить на космодроме неповторимые мгновения запуска...

Сотрудничество в космосе отражает смягчение международной обстановки, развитие кооперации как в общепланетном масштабе, так и на Европейском континенте. В 1975 году вершиной этого процесса стал полет кораблей «Союз» и «Аполлон» — не только уникальная демонстрация совместимости различных технологий, но и глубокий политический и социальный эксперимент. Он показал, что две великие державы могут и должны вместе работать во имя человечества. С точки зрения науки я вижу в полете «Союза» и «Аполлона» бесспорное достижение в том, что две космические системы, развивающиеся на протяжении многих лет парал-

лельно, соединились. На следующем этапе сотрудничества важно использовать уже накопленный опыт «совместимости» двух космических идеологий.

Мы уже привыкли к кажущейся парадоксальности предмета исследований Земли из космоса. Теперь уже мало кого удивляет, что приборы, поднятые на околоземную орбиту, позволяют получить важные данные не только о состоянии атмосферы и поверхности Земли, но даже о ее недрах.

Способность исследовать явления, находясь на далеком расстоянии от изучаемого объекта, долгое время по необходимости была монополией астрономии. И астрономы развили мощные методы такого дистанционного исследования небесных тел по характеристикам их излучения: сначала видимого, затем радиоволнового и т. д.

Из земных наук первыми воспользовались дистанционными методами метеорологи. Космическая метеорология прочно стала неотъемлемым элементом службы погоды.

Практическую пользу космических исследований в должной мере оценили специалисты и многих других земных служб. Эффективно внедряется анализ космических снимков поверхности Земли в геологии. В частности, наблюдения из космоса позволили открыть целый ряд ранее неизвестных крупномасштабных геологических структур. Быстро растет интерес к использованию космических методов у исследователей Мирового океана, водных ресурсов. Ведется разработка методов исследования растительного покрова земной поверхности. В целом специалисты рассчитывают, что космическая техника может обеспечить в ближайшие годы создание своего рода глобальной космической автоматизированной системы учета и контроля природных ресурсов Земли. Какие же основы заложены в исследовании Земли из космоса, какие проблемы предстоит решить на пути к созданию такой системы?

В основу исследований Земли из космоса легли дистанционные методы измерения ее собственного и рассеянного электромагнитного излучений. Речь идет о широком диапазоне волн — от самых коротких, измеряемых тысячными долями миллиметра, до самых длинных, измеряемых километрами. Правда, при этом приходится учитывать степень прозрачности земной атмосферы для волн той или иной длины. Наибольшей ин-

формативностью обладает видимый диапазон. Он к тому же имеет и самый широкий спектр излучений. Характер отраженной солнечной радиации в этом диапазоне очень чувствителен, например, к таким физико-химическим и биологическим параметрам земных образований, как содержание хлорофилла в зеленой массе, влажность и состав почв, соленость воды и ее загрязненность химическими веществами, степень волнения моря, концентрация в нем фитопланктона и т. д.

Области ближнего и особенно теплового инфракрасного излучения хорошо реагируют на температурные изменения природных образований. В частности, с помощью инфракрасных приборов можно обнаруживать участки растительности, пораженные заболеваниями, а следовательно, имеющие более высокую температуру, выявлять выходы геотермальных вод, глубинные разломы земной коры и многое другое. Важнейшее достоинство теплового инфракрасного диапазона — возможность «видения» как днем, так и ночью.

Радиоволны относятся к более низкочастотному диапазону электромагнитных колебаний и соответственно могут переносить меньшее количество информации, чем инфракрасные и световые волны. Зато они способны проникать сквозь большие толщи земных покровов и льда и очень чувствительны к геометрическим характеристикам поверхностей, а также к содержанию влаги в почве, степени ее засоленности. Наиболее полные данные могут быть получены, если комбинировать изображения и другую информацию, регистрируемую в разных диапазонах, как это имеет место, например, в астрофизике, при изучении Солнца.

Широкое распространение в исследованиях Земли из космоса в настоящее время получает оптический многозональный метод. Суть его — в измерении излучения обследуемых объектов одновременно в нескольких узких спектральных интервалах оптического диапазона. Метод основан на применении многообъективных синхронно работающих фотографических камер или оптикотелевизионных сканирующих систем.

Отснятые фотопленки доставляются на Землю и обрабатываются. Результаты измерений телевизионными системами записываются в цифровом виде и передаются по радиоканалу. На Земле они расшифровываются и также превращаются в серию черно-белых изображе-

ний поверхности для каждого из спектральных участков. Затем из этих фотографий, приписав каждому диапазону свой условный цвет, можно синтезировать цветные снимки. Они дают возможность определить по соотношению яркостей характеристики различных земных объектов и извлечь другую полезную информацию.

В нашей стране многозональная съемка в интересах исследования земных ресурсов впервые проводилась с борта кораблей «Союз-12» и «Союз-13». Эти эксперименты показали ее эффективность при изучении растительности и почв, картографировании шельфов, обнаружении загрязнений водоемов и т. п. В частности, по полученным с «Союза-12» снимкам северо-восточного побережья Каспийского моря уточнен рельеф и характер подводной растительности прибрежной и мелководной акватории, составлена карта засоленности почв в районе полуостровов Мангышлак и Бузачи. Там же выявлены структуры, перспективные на поиск нефти и газа.

В эксперименте «Радуга», который проводился на корабле «Союз-22», ставилась задача дальнейшего изучения и отработки методов исследования Земли из космоса с помощью многозональной кадровой фотоаппаратуры высокого разрешения. Таким образом, эксперимент «Радуга» — это еще одна новая ступень в изучении природных ресурсов Земли из космоса. Работа носит и практический характер. Отснято порядка 15 миллионов квадратных километров земной поверхности, то есть две трети территории нашей страны.

Следует подчеркнуть, однако, что появление многоспектрального метода совсем не означает, будто следует отказаться от съемок в какой-либо одной зоне спектра. Они, безусловно, эффективны при решении задач, которые основываются главным образом на геометрическом анализе изображений, например в топографии.

Сейчас, когда исследования Земли из космоса только начинают развиваться, очень важно не разбрасываться, а сконцентрировать внимание на каких-то определенных районах, выбрав их в качестве полигонов и на них отрабатывать методы интерпретации получаемых данных. Структурное изучение спектров таких заранее подобранных эталонных участков земной поверхности, сопоставление информации из космоса с результатами исследований, выполненных наземными партиями, даст возможность изучить спектральные характеристики мно-

гочисленных земных образований. И изменения этих характеристик под влиянием внешних факторов. Создание «библиотеки» спектральных признаков различных объектов и явлений на поверхности Земли и в ее атмосфере позволит обеспечить их автоматизированное обнаружение и четкий анализ по результатам космических съемок.

Для исследований, проводимых в разных географических районах и в интересах различных отраслей науки и практики, могут потребоваться неодинаковые области спектра, пространственные и энергетические разрешения. Возможно, в будущем будут создаваться специализированные съемочные приборы и спутники разного назначения — одни для геологии, другие для сельского хозяйства и т. п.

При радиотелевизионной передаче данных из космоса возникнут гигантские потоки информации. Отсюда необходимость создания высокоинформативных цифровых радиолиний и специализированных средств скоростной магнитной и фотографической регистрации передаваемых с космических аппаратов данных.

Стержневой проблемой стала обработка получаемой видеоинформации. Ведь ускорить здесь сроки — значит увеличить ее полезную отдачу. Для этого можно широко использовать современные средства автоматизации, в первую очередь вычислительную технику. Отсюда возникает необходимость специализации ЭВМ применительно к особенностям космической видеоинформации. Эта специализация затрагивает в основном внешние устройства машин. Их состав должен быть дополнен устройствами ввода-вывода изображений и средствами оперативной связи «человек — машина» типа дисплей.

Таким образом, исследования Земли из космоса представляют собой сложную комплексную научно-техническую проблему. Только совместными координированными усилиями многих научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро можно выполнить задачу, поставленную XXV съездом партии: расширить исследования по применению космических средств при изучении природных ресурсов Земли, в интересах метеорологии, океанологии, навигации, связи и других нужд народного хозяйства.


Академик
В. Глушков
о компьютерах
в жизни и науке

Сегодня практически просто невозможно найти такую отрасль народного хозяйства, где бы не применялись верные помощники человека — электронно-вычислительная техника и комплексная автоматизация. ЭВМ руководят технологическими процессами и управляют целыми предприятиями, помогают ученым и исследуют просторы вселенной, лечат людей и проводят перепись населения... Каждый школьник знает теперь, что означают слова «электронно-вычислительная машина», «компьютер», «ЭВМ». А ведь еще совсем недавно понятия об этом не имели даже ученые. Сама вычислительная техника-то родилась на нашей памяти, и первая в СССР и на Европейском континенте электронная счетная машина МЭСМ была принята государственной комиссией в декабре 1951 года. Она была создана в тогдашнем Институте электротехники АН Украины небольшим коллективом под руководством академика С. Лебедева.

Позже С. Лебедев с большой частью специалистов, работающих над МЭСМ, был переведен в Москву. Этот коллектив начал работу над большой электронной счетной машиной — БЭСМ. Тогда она еще не имела порядкового номера, потому что еще никто не знал, что вслед за ней последуют БЭСМ-2, 3... 6. Одновременно стали появляться и другие ЭВМ.

Самое интересное в том, что первые ЭВМ проектировались в основном лишь на основе инженерной интуиции. Как это ни странно, но, казалось бы, самая передовая область техники в тот период, когда создавались первые компьютеры, даже не имела какой-либо своей научно обоснованной базы для проведения расчетов. И, зная это, нетрудно понять, какие испытания выпали на долю первопроходцев. Когда проектируется, скажем, подъемный кран, то большую роль играют такие чисто механические детали, как расчет прочности, скорость движения и все такое.

Конечно, для компьютеров подобного рода расчеты не нужны и сегодня. Ведь в нем, кроме магнитных барабанов и лент, движущихся частей практически нет. Правда, в то время умели рассчитывать электронные схемы, но применительно к совершенно другим целям. Скажем, были известны приемы расчета усилителя, чтобы он пропускал нужную полосу частот и не искажал человеческий голос.

Но создатели вычислительных машин столкнулись с проблемами совершенно иного порядка. Именно по этим причинам машины первого поколения проектировались, по существу, без помощи даже какой-нибудь теории. Конечно, некоторые данные из электротехники (скажем, зависимость падения напряжения от величины сопротивления) использовались. Однако электротехника не давала ответа на самые главные вопросы, связанные с теми функциями, которые должны были выполнять машины, — логические операции, память, системы команд и так далее.

Одновременно с проектированием первых ЭВМ начали создаваться кадры программистов. Здесь очень большую роль сыграл Вычислительный центр Академии наук СССР, который к тому времени был создан под руководством академика А. Дородницына, а также отделение прикладной математики Института математики имени Стеклова под руководством М. Келдыша. Потом это отделение превратилось в самостоятельный Институт прикладной математики АН.

Машины, созданные в то время, были чрезвычайно примитивны. Это было так называемое первое поколение. ЭВМ работали на лампах, были не очень надежны и применялись прежде всего для решения чисто научных задач, которые возникали при создании сложных образцов новой техники. То есть в авиации, ракетостроении и так далее. Короче говоря, они занимались только вычислительными задачами. Речи о том, чтобы применять их для управления, скажем, промышленностью, экономикой и так далее, тогда и не шло. Работы же по искусственному интеллекту, которые в то время начали проводиться в мире, у нас практически еще и не начинались. Честно говоря, тогда мы значительно отставали.

И в то же время у нас было очень большое преимущество, которое сохраняется и до сих пор. Заключалось оно в том, что для математической эксплуатации ЭВМ у нас сразу же пришла когорта математиков очень высокой квалификации. Возьмите таких ученых, как академики М. Лаврентьев, М. Келдыш, А. Дородницын... Вполне понятно, что они привнесли в использование ЭВМ высокую математическую культуру.

В связи с этим возник интересный парадокс. Бесспорно, наши первые электронно-вычислительные машины были несколько слабее американских. Хотя, спра-

ведливости ради, хочу заметить, что БЭСМ ненамного уступала лучшим американским ЭВМ того времени. Мы отставали разве что только по параметрам некоторых устройств, скажем, периферийных, магнитных лент и других.

Так вот, за счет того, что наши математики делали не просто программы применительно к существующим методам, а специально изобретали новые методы, позволяющие им использовать электронно-вычислительные машины более эффективно, наши машины «трудились» при научных расчетах с гораздо большей отдачей. Мы нередко решали такие задачи, которые американцам были явно не по зубам.

Но по мере усовершенствования компьютеров, усложнения их, становилось ясно, что разрабатывать их старыми методами просто невозможно. Проектирование начинало занимать столько времени, что машины, еще не выйдя из стен завода-изготовителя, уже устаревали. Примерно к 1963 году мы сделали так называемую малую систему автоматизации проектирования ЭВМ. Были разработаны некоторые методы, с помощью которых я теперь мог только записать, что отдельный блок должен делать, какую информацию он должен получать и что выдавать. Все же остальное машина автоматически выполняла сама.

Но эта система автоматизировала далеко не все этапы, ее математический аппарат годился для программирования лишь сравнительно небольших блоков. А чтобы учесть все сложнейшие преобразования в системах команд, требовался качественно новый подход. Конечно, в принципе, так сказать, теоретически, и «малая» система годилась для решения этих задач, но тогда бы потребовались машины с необозримо большим быстродействием. Мы понимали: нужен принципиально новый математический подход к постановке самой проблемы.

Потребовались годы и годы напряженного труда и творческих поисков, прежде чем удалось завершить создание автоматизированной системы проектирования. Что же представляет она в законченном виде? Это прежде всего огромный набор программ. Достаточно сказать, что в программное обеспечение нашей системы входит около 2 миллионов команд. По существующим нормам на их составление программистам потребовалось бы 2000 человеко-лет, тогда как теперь нам достаточно

всего 75 человеко-лет. Даже из этих цифр ясно, какой объем работы нам пришлось проделать и как облегчает созданная автоматизированная система труд людей, хотя бы тех же программистов.

Ну а как же происходит сам процесс проектирования, как рождаются новые компьютеры? Естественная последовательность этого процесса такая. Сначала я обдумываю конфигурацию систем и применяю метод имитационного моделирования. Это позволяет выбрать лучший вариант и разработать связи между ними.

После этого начинается этап так называемого логического или алгоритмического проектирования. Тут я начинаю «влезать» в крупные блоки и решать, какую кому доверить роль, объясняю компьютеру-проектировщику, как лучше всего организовать систему команд. Я «втолковываю» ему, какие команды должен выполнять каждый блок, как он должен преобразовывать информацию. Математический аппарат для всего этого впервые в мире был разработан нашим институтом.

Когда и эта стадия заканчивается, я начинаю заниматься связями отдельных элементов, так называемым функциональным проектированием. И наконец, последний этап — технологический, или уже заводской, при котором надо, чтобы интегральные схемы и многое другое было изготовлено в натуре.

Автоматизированная система, хотя и с основательной помощью человека, прекрасно справляется с проектированием компьютеров. Всю дальнейшую работу над этой системой мы ориентируем на то, чтобы проектировщик мог как можно больше функций передать компьютеру. Сейчас человек делает первичный замысел на первом уровне имитационного моделирования. После того как от машины получен результат моделирования, человек обдумывает его и, если необходимо, дает соответствующие рекомендации. Вполне понятно, что это должен быть очень квалифицированный специалист.

Сейчас мы как раз и работаем над облегчением задачи проектировщика, стараемся ввести в нашу систему новые оптимизационные блоки. Есть некоторые традиционные, более или менее стандартные ситуации, с которыми машина прекрасно справляется сама. Мы стараемся расширить количество таких ситуаций. И я уверен: дальнейшее развитие автоматизации проектирования, как и применение компьютеров в других областях,

будет нацелено на то, чтобы человеку оставалось только давать общий замысел и оценивать полученные результаты. То есть в конечном счете человеку будет достаточно просто дать задание типа «а хорошо было бы, если б удалось спроектировать машину, способную сделать то-то и то-то». А уж потом, когда компьютер-проектировщик все выполнит, человек просто спросит: а как же новая, еще не родившаяся машина будет работать? Компьютер все объяснит, и если что-то окажется не совсем так, как задумывалось, то человеку придется признать, что он плохо сформулировал задание. А такое бывает довольно часто. Он внесет свои замечания и дополнения, а компьютер, учтя их, приступит к «перекройке».

Человек будет вмешиваться только, так сказать, на входе и выходе. Но честно говоря, до этого пока очень далеко. И дело не только в несовершенстве нашей системы. Просто все мы, высказывая то или иное желание, очень редко даем точные условия. Как правило, формулируя их, невозможно точно предусмотреть, как они будут исполнены. Одна из главных задач, которая стоит и будет стоять перед человеком при любом уровне автоматизации, — правильно формулировать задание.

Пока роль человека заключается еще и в том, чтобы на всех этапах вносить творческий элемент, то есть делать то, что сейчас плохо поддается автоматизации. И в этом ему помогают интуиция, опыт, которых компьютер пока, как правило, не имеет.

Сегодня мы уже достигли такого этапа, что, например, у меня в отделе стоит обычный телетайп. Приступая к проектированию, я сажусь за него, компьютер, стоящий в совершенно другом месте, подсказывает что-то мне, я — ему, и таким образом рождается новая вещь.

Создавая эту систему, мы преследовали цель не только убыстрить проектирование новых ЭВМ, но и приблизиться к созданию искусственного интеллекта. А для того чтобы воплотить эту идею в жизнь, чтобы научиться строить все более и более сложные компьютеры, наша система просто необходима, без нее нечего даже и мечтать создавать как машины сегодняшнего, так и завтрашнего дня.

Как правило, пользуясь этой системой, мы, несмотря на резкое усложнение проектируемых компьютеров, не-

редко в десятки, сотни раз не только не увеличиваем срок разработок, но и уменьшаем. Я думаю, что с ее помощью сроки проектирования сократились по сравнению с прежними в семь-десять раз, повысилось качество и значительно снизилась себестоимость рождающихся компьютеров.

Ну а где же выгоднее всего применять эти созданные с помощью автоматизированной системы проектирования компьютеры?

Возьмем хотя бы металлургию, в первую очередь доменное или сталеплавильное производство. Известно, что доменные печи стоят дорого, да и оборудование их довольно сложно, и все-таки это производство относительно простое, однородное. Ведь количество компонентов этого производства сравнительно небольшое. Это кокс, руда, окатыши... Но зато технологический процесс здесь очень сложный.

И вполне понятно, что генеральным направлением повышения эффективности в подобного рода отраслях становится применение комплексной автоматизации и электронно-вычислительной техники для управления как раз этими технологическими процессами.

Теперь давайте посмотрим, что происходит в отраслях машиностроения. Здесь картина совсем иная, так как бóльшую роль играет организационное управление. И одной из главных задач, которая должна решаться в этих отраслях, стала синхронизация действий рабочих мест и отдельных производственных участков в жестком, поминутном графике. Без этого сегодняшнее машиностроительное производство просто не в состоянии обойтись. Ведь его продукция усложнилась за прошедшее время во много раз и состоит нередко из сотен тысяч отдельных деталей. И поминутный график необходим как раз для того, чтобы на выходе системы, на сборочном конвейере не было никаких задержек.

А когда вводится поминутный график, важно постоянно контролировать его выполнение. Для этого с рабочих мест должны поступать сигналы в компьютер об окончании тех или иных операций и начале последующих, о неполадках, выключении оборудования или невыходе на производственный участок рабочего. Все это позволяет с помощью вычислительной машины корректировать план и постоянно поддерживать заданный ритм работы. По аналогии со сборочным конвейером мы

называем такой комплекс конвейером информационным.

Довольно давно, еще на заре научной организации машиностроения, появилось понятие физического конвейера. В первую очередь они были созданы в автомобильной промышленности, а затем и во многих других отраслях. Как же выбирался ритм для такого конвейера? Да очень просто. Равный темп для всех отдельных его участков задавался в соответствии со скоростью работы самого узкого места. А это, конечно же, часто приводило к тому, что на каком-то участке кто-то был перенапряжен, зато возможности других сдерживались.

Совсем иначе все происходит на информационном конвейере: здесь можно индивидуально регулировать темп на каждом рабочем месте в зависимости от способностей и желания тех, кто его обслуживает, своевременно обеспечивать их материалами, инструментом и постоянно контролировать этот темп. Как показали расчеты, при грамотном решении этой задачи производительность труда может быть повышена в полтора-два раза на тех же самых площадях и на том же самом оборудовании. Любопытно и то, что при таком контроле становится гораздо легче внедрять новые формы управления социалистическим соревнованием, поскольку компьютеру ничего не стоит подводить итоги работы сразу за смену.

Научно-технический прогресс, особенно в машиностроении и строительстве, породил острую проблему ускорения и совершенствования проектно-конструкторских работ. И поэтому не случайно сейчас так много говорят об оптимизации процесса проектирования не только при создании компьютеров, но и в других областях.

Раньше в механике существовал такой термин — запас прочности. Коэффициент запаса прочности иногда называли коэффициентом наших незнаний. Ведь мы применяли относительно простые методы расчетов конструкций, но они, естественно, не давали точных результатов. Наше время на первый план выдвинуло вопрос о полной отдаче, полном использовании возможностей, заложенных в конструкционных материалах. А для этого, вполне понятно, необходимы гораздо более точные и сложные методы расчетов, которые просто невозможно выполнять вручную.

Не только при проектировании самих ЭВМ, но и во многих других областях для этой цели уже сейчас довольно-таки успешно используются компьютеры. Но, к сожалению, слишком часто они применяются только для расчетов, сам же процесс проектирования, его технология — вычерчивание эскизов, чертежей, изготовление копий, необходимой документации, спецификаций — все это ведется обычными, старыми средствами.

В девятой пятилетке уже появились первые системы комплексной автоматизации проектно-конструкторских работ. Они довольно быстро доказали свою жизнеспособность и эффективность и поэтому ныне все в большей степени начинают вторгаться в машиностроение и строительство.

Вполне понятно, что внедрение таких автоматизированных систем проектирования преобразило рабочее место конструктора. Оно представляет собой пульт, на котором установлены один или несколько графических дисплеев — устройств, представляющих собой экран телевизора. Световыми карандашами конструктор может рисовать эскизы и, нажимая на те или иные клавиши, превращать эти эскизы в уже точные чертежи, которые тут же воспроизводятся специальными чертежными автоматами или же фотокопировальными устройствами.

Все необходимые расчеты тоже делаются автоматически. По той информации, которая введена в компьютер, как раз и производятся соответствующая деталировка, спецификации и многое другое, что раньше производилось вручную. Проектирование железобетонных стандартных конструкций для строительства домов с помощью такой «поточной линии» позволило увеличить производительность труда, сократить время изготовления комплекта технической документации в 20 раз, а стоимость ее уменьшить в 40 раз.

Но современный метод хозяйствования требует комплексного решения проблем. Ведь вполне реальна такая ситуация, когда автоматизируется процесс изготовления, например, чертежей, а процесс работы в цехах по этим чертежам остается старым. В этом случае мы, вполне понятно, получим лишь малую толику выгоды.

Если же мы ведем речь об автоматизированном производстве, то чертежи как таковые будут вовсе не нужны. Необходима будет уже специальная техническая

документация — магнитные ленты или перфоленты для программно-управляемого оборудования. И тогда процесс автоматизации проектирования органически соединится с процессом управления производством.

Но если говорить о стратегии эффективности всерьез, то необходимо думать и о повышении эффективности качества труда ученых. В этой сфере человеческой деятельности электронно-вычислительная техника может много дать, например, в экспериментальных исследованиях. Для обработки результатов компьютеры применялись довольно давно, но, так сказать, технологическая цепочка эксперимента обычно разрывалась. И происходило это чаще всего так: эксперименты делались сами собой, результаты фиксировались на самописцах, а затем их несли в вычислительный центр и обрабатывали.

Когда же появились системы комплексной автоматизации экспериментальных исследований, ученые сразу же поняли, что, например, синхрофазотрон — это не просто устройство, главная задача которого получение пучка частиц той или иной энергии. Что производительность и параметры синхрофазотрона надо мерить не этим числом, а прежде всего количеством научных открытий, новых научных результатов, которые он дает на единицу времени. Для установок такого рода уже давно стало нормой соединение их с компьютерами.

Однако понятно, что синхрофазотрон — установка уникальная и дорогая, поэтому подсоединить к нему компьютер рационально. Но для повышения эффективности исследований чрезвычайно важны и эксперименты на относительно недорогом оборудовании, к каждой единице которого вычислительную машину не присоединишь, так как это обойдется слишком дорого. Из такого положения тоже есть выход — метод групповой обработки данных и управления экспериментом. С этой целью в девятой пятилетке были созданы специальные машины, которые уже установлены в целом ряде научных лабораторий. Они относительно дешевы, но имеют разветвленную сеть коммуникаций с внешним миром. И в зависимости от потребностей могут подсоединяться даже к нескольким десяткам приборов. В итоге эффективность работы ученых на экспериментальных исследованиях в зависимости от сложности эксперимента повышается в два-четыре раза.

Недалеко то время, когда появится система, повышающая производительность труда ученых, занятых дедуктивными построениями. До настоящего времени мы с помощью компьютера решали сложные математические системы уравнения, обрабатывали аналитические данные, формульную информацию, выводы формул. Со временем будет автоматизирован и процесс творческий, а именно — процесс самих дедуктивных построений, процесс логического мышления, например, при доказательстве новых теорем в математике или новых теорий в физике, механике, в других дедуктивных науках.

Однако наиболее эффективны компьютеры в том случае, когда разумно разделены обязанности между человеком и машиной. Ведь смысл-то совсем не в том, чтобы создать полностью автоматическую систему доказательства теорем, а в том, чтобы повысить производительность труда математика, физика-теоретика при доказательстве теорем и при логической проверке тех или иных теорий.

Сегодняшнее машиностроительное производство, будь то изготовление компьютеров или автомобилей, становится уже просто немыслимым без применения роботов. И я думаю, многие согласятся со мной, что роботы, пускай пока еще и очень далекие от тех стальных красавцев, которые нередко блуждают по страницам научно-фантастических произведений, стали для нас чем-то привычным. Они уже довольно широко применяются в различных отраслях народного хозяйства. На XXV съезде КПСС принято решение организовать их серийное производство. Но прежде чем говорить о них, давайте разберемся, что же это такое — роботы. Многие привыкли связывать сие понятие с какими-то человекоподобными механизмами, способными свободно передвигаться и имеющими некое подобие рук.

Однако в роботах первого поколения вы найдете мало общего с таким «портретом». Это были управляемые по программе специализированные устройства, главная задача которых состояла в том, чтобы при помощи программного управления быстро переключать оборудование с одной работы на другую. Я даже думаю, что

определение РОБОТЫ к этим устройствам было несколько преждевременным.

Я имею в виду в первую очередь станки с программным управлением. Они действительно способны мгновенно перестраиваться, подчиняясь управляющим сигналам, которые могут либо идти от вычислительной машины, либо быть заранее подготовлены ею в виде перфо- или магнитных лент. Во втором случае ленты вкладывают в считывающее устройство, а записанные на них сигналы приводят в действие соответствующие рабочие органы станка в порядке, определенном компьютером. Таким образом можно было автоматизировать практически все станочные работы.

Одним из таких роботов, «прижившимся» на многих предприятиях, оказался сварочный. Он по довольно простой программе легко перестраивается с одной работы на другую.

Однако сейчас назрела острая необходимость переходить на создание роботов второго поколения. В лабораториях они уже созданы и постепенно внедряются в промышленность. Но пока только в единичных экземплярах и на особо трудных, ответственных работах. Это более человекоподобные механизмы, уже вполне заслуживающие звания РОБОТОВ, в свое время предложенного Карелом Чапеком.

Они представляют собой универсальные исполнительные механизмы, которые функционируют подобно человеческой руке. Чтобы эта рука действительно была универсальной, она, как правило, должна обладать большим, чем у человека, числом степеней свободы. Если, скажем, у человека всего три основных сустава — плечевой, локтевой и кистевой, — то у роботов может быть четыре или пять суставов. Зачем это нужно? Ну хотя бы для того, чтобы механическая рука могла пролезть в места, недоступные человеку.

Хватательные же органы, то есть пальцы, у таких роботов обычно устроены гораздо проще, чем человеческие. Современный робот довольствуется тремя и даже двумя пальцами, но тем не менее они обеспечивают возможность универсальных захватов. Есть еще одно очень важное отличие руки робота от человеческой: поворачивается на шарнирах, практически на любой угол.

Я, конечно, не хочу сказать, что рука робота по всем статьям превосходит человеческую. У нее, например,

есть некоторая скованность в движениях по сравнению с нами, но вместе с тем есть и некоторые большие возможности.

Однако руки — это еще не все, что необходимо роботу. Он еще должен уметь передвигаться. Поэтому одна или несколько искусственных рук устанавливаются на какое-то передвигающееся устройство. Чаще всего это автоматически управляемая тележка, которая может перекатываться с одного места на другое. Но это, естественно, не единственная возможность передвижения роботов. В настоящее время развернулись работы и по созданию ходячих роботов. Причем для большей устойчивости у них чаще всего не две, а четыре или даже шесть ног. Как правило, такие «ходоки» проектируются для специальных целей. В заводских же условиях, там, где имеются плоские полы и нет необходимости преодолевать большие препятствия, роботы на тележке гораздо выгоднее, дешевле и проще, чем ходячие.

Но роботы первого поколения были слепы и глухи. Они могли лишь в строгом соответствии с программой взять в определенном месте какую-то конкретную деталь и доставить ее по указанному адресу. Правда, программы можно было видоизменять. Но для этого я должен был указать определенную четкую последовательность движений. То есть вопросов о приспособляемости или об обратной связи в таких устройствах, как правило, не стояло.

Но когда вам необходимо переместить деталь на небольшое расстояние, все довольно просто. Можно с достаточной точностью измерить его, и ошибка в положении будет не такая уж большая. Однако если надо совершить путешествие, измеряемое десятками метров, то за это время произойдет накопление ошибки в расстоянии, и робот, как слепой человек, просто не будет находить места для детали. То есть обратная связь здесь совершенно необходима.

Вполне понятно, что такую обратную связь могут дать прежде всего органы зрения. Поэтому-то роботы второго поколения чаще всего снабжены им. Конечно же, это не привычное нам человеческое бинокулярное зрение двумя глазами. У робота один телевизионный глаз. Известно же, что именно благодаря наличию двух глаз мы довольно точно определяем расстояние до того или иного предмета. И лучше всего нам это удается,

когда расстояние небольшое. В единичный же телеглаз робота встраивают специальный дальномер, одинаково хорошо измеряющий и большие и маленькие расстояния.

Насколько важная проблема распознавания образов, настолько же и трудная. Скажем, одна и та же деталь, расположенная под разными углами, выглядит всякий раз по-иному. Если вы посмотрите на цилиндр с одного бока, то увидите прямоугольник, с другого же места он вам покажется кругом... Чтобы робот мог распознать, что же перед ним находится, чтобы он понял, та ли это деталь, которая ему нужна, еще совершенно недостаточно просто вложить в память образ этой детали. Ему нужны, как мы и говорим, алгоритмы, программы распознавания образов.

Эта задача оказалась чрезвычайно сложной даже для сравнительно простых геометрических фигур, таких, как конусы, цилиндры, кубы, параллелепипеды, призмы и так далее. Мы решили эту задачу, и надо честно сказать, что труда было затрачено немало. С помощью сложной системы программ робот может в настоящее время определять, что перед ним необходимая деталь. Правда, иногда бывают и ошибки. Но разве человек избавлен от ошибок? Скажем, если вы видите сбоку круглый предмет, то вы не можете сказать, есть ли у него в середине отверстие или нет. Надо посмотреть на этот предмет с другой стороны.

И вот, чтобы избежать ошибок, робота научили брать предмет своей механической рукой и, поворачивая, рассматривать со всех сторон. Мало того, если эта деталь плохо освещена, робот может взять лампу и посветить себе. Все эти движения заранее запрограммированы.

Сами понимаете, что для всего этого нужны очень сложные программы. Ведь известно, что человек для распознавания зрительных образов использует почти половину своих нервных клеток, то есть из примерно четырнадцати миллиардов нейронов около шести-семи миллиардов заняты этой работой.

Конечно, для того чтобы робот мог нормально функционировать, им должен управлять довольно сложный компьютер. Причем проблема заключается не только в распознавании зрительных образов. Оказывается, что довольно трудно управлять и рукой с большой степенью свободы. Задача состоит в том, чтобы робот, как чело-

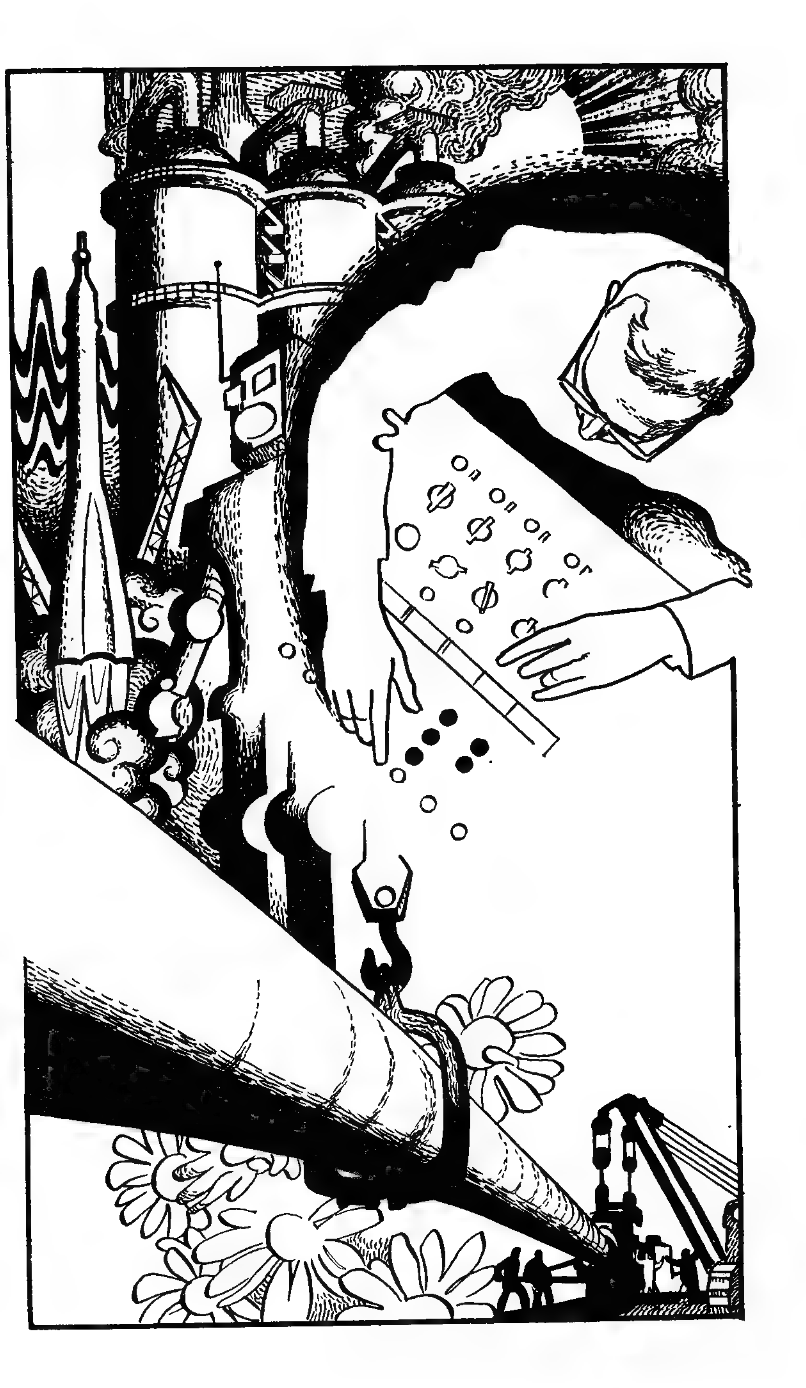
век, мог одновременно «шевелить» всеми своими многочисленными суставами. Но только движение руки — это еще не все. Было бы очень удобно, чтобы рука обладала и осязанием. Для этого в пальцы механической руки вмонтированы специальные датчики, с помощью которых робот определяет, с какой силой он сжимает предмет, оценивает его вес. Если предмет легкий, робот захватывает его осторожно. В то же время его стальная рука способна поднять и тонну, ведь силу его механическим пальцам можно придать любую.

Если говорить честно, то пока органы слуха роботам не очень-то нужны. Хотя, конечно, было бы довольно удобно, скажем, для прямой подачи человеческим голосом, специально не перепрограммируя его. Но распознавание голоса тоже не из легких задач.

У нас в институте действует система, благодаря которой робот, используя в качестве мозга большую электронно-вычислительную машину, распознает несколько сотен слов, произносимых одним и тем же оператором. То есть он настраивается на понимание голоса именно этого человека. Оператор при этом может говорить с разными интонациями, растягивать слова или произносить их быстро, говорить шепотом или кричать.

Мы можем настроить слуховой аппарат робота и на распознавание любого голоса, но тогда количество узнаваемых роботом слов резко уменьшается, с 500—600 до 20—30. Усложняя эту систему, можно наверстать упущенное. Но есть ли в этом особая необходимость. Ведь, как правило, с роботом работает один человек. Так целесообразно ли усложнять систему, если робота легко перестроить с одного голоса на другой. То есть поговорили с ним вы, а потом его настроили на понимание моего голоса.

Если резюмировать все сказанное, то получается, что у робота появились, быть может, пока и несколько примитивные, но органы чувств. Но ведь это еще не все, роботам нужны и зачатки интеллекта. Конечно, поскольку у человека распознавание зрительных образов, оптимизация движения руки и узнавание голоса тоже совершаются под управлением мозга, то это тоже элементы интеллекта. Следовательно, можно считать, что роботы второго поколения уже обладают зачатками сознания. Но сейчас создаются такие программы, которые позволяют роботу адаптироваться к окружающей



обстановке. То есть мы не расписываем ему заранее, что в какой последовательности он должен делать. Он сам оценивает обстановку и выбирает наилучший порядок действий.

Например, у вас разбросаны различные детали, причем лежать они могут в различных плоскостях, на различных возвышениях, подмостках. Умеющий передвигаться на колесах робот запрограммирован так, что сначала сделает попытку забраться на подмостки. Но это у него не получится, тогда он изменит свою тактику, начнет искать предмет, который, если его подложить к подмосткам, позволит ему заехать на них. И, найдя его, он забирается на подмостки и выбирает нужную деталь.

Из этого примера видно, что сегодняшний робот программируется в достаточно широких пределах, он может работать в изменяемых условиях. Он уже непохож на своего «слепого» собрата, который знает только, в каком месте лежит какая деталь. В мире уже существуют такие роботы, которые из отдельных деталей могут собирать различные узлы автомобилей. Роботы работают на сборочных операциях на конвейерах, выполняя несколько десятков довольно простых операций.

Есть еще одна область, где уже сегодня применяются подобные роботы. Являясь универсальным средством при автоматизации подъемно-транспортных операций, роботы в содружестве с программно-управляемым оборудованием позволяют построить полностью автоматизированные участки, цехи и целые предприятия. Раньше наблюдалась парадоксальная ситуация. Квалифицированная работа, ну, скажем, фрезеровщика, легко могла быть выполнена автоматизированным станком-роботом. А более простые операции, такие, как нахождение детали на складе, транспортировка ее к автоматизированному станку, установка детали на станке и установка режущего инструмента — все это должен был делать человек.

Но роботы позволяют автоматизировать и эти операции. Отсюда следующий шаг: комплексная автоматизация, когда и обработка деталей, и транспортировка, и сборка выполняются автоматически. В принципе можно автоматизировать и контрольные операции. Уже есть примеры, когда испытание готовых объектов проводят роботы. В зависимости от сложности того или иного

изделия на этом этапе производительность труда в результате применения электронно-вычислительной техники повышается в десятки, сотни, а в некоторых случаях и в тысячи раз. В итоге мы получим полностью автоматизированный завод, который, кстати, может быть и заводом, изготовляющим компьютеры. Хотя такие заводы будут созданы, наверное, не в первую очередь.

Сегодня довольно сложно сказать, чему необходимо будет обучить роботов даже в недалеком будущем. Чем больше будут совершенствоваться наши стальные помощники, тем более сложную и ответственную работу будут им поручать, а значит, им необходимы будут и новые знания. Так что процесс их усовершенствования будет длительным, а может быть, и бесконечным. Робота можно снабдить и органами чувств, которых нет у человека, скажем, инфракрасным зрением или же способностью видеть рентгеновские лучи, чувствовать электромагнитные поля. Представьте себе робота, который четко определяет в скрытой от наших глаз электропроводке, где по ней бежит ток, а где — нет.

И все-таки я думаю, что самым большим преимуществом робота перед человеком является возможность мгновенной перестройки. Известно, что человек привыкает к новой операции постепенно и так же постепенно увеличивает производительность труда на данной операции. Но если вы заранее знаете, что должен делать робот, то вполне можете запрограммировать его на лучшую работу. И в результате такой быстрой перестройки один и тот же цех может на потоке выпускать совершенно различные изделия.

Представьте себе на минуту такую ситуацию. На конвейере стоит человек, и на потоке сначала надо будет собрать телевизор, а потом — холодильник, а затем — радиоприемник или магнитофон. Рабочий просто «запутается», производительность его будет очень низкой. Роботу же ничего не стоит перестроиться с одного изделия на другое, и поэтому он все время будет высокопроизводительным.

Однако для того, чтоб, так сказать, «обинтеллектуалить» сегодняшние роботы, нужны самые большие современные электронно-вычислительные машины. А они нередко стоят миллионы рублей, и, хотя одна такая машина может управлять сразу несколькими роботами,

эксплуатация подобных роботов пока экономически невыгодна. Роботы первого поколения именно потому и могли довольно широко применяться, что стоили значительно дешевле. Сейчас же главная задача — удешевление компьютеров. Ныне интеллектуальные роботы целесообразно применять только в тех случаях, когда человек в данных условиях просто не может работать. Я имею в виду радиоактивную среду, большие глубины, космос...

Уже сейчас возникают возможности следующего повышения интеллекта роботов. От простых задач ориентировки на местности, выбора пути к несложным целям сборки и тому подобное можно будет перейти к гораздо более сложным заданиям, аналогичным тем, с которыми сегодня справляется только человек.

В конечном счете рано или поздно появится робот, интеллект которого можно будет сравнить с интеллектом среднего человека. Но именно среднего, а ни в коем случае не гения. Ведь довольно многие, говоря об искусственном интеллекте, хотят, чтобы по всем позициям он был просто гениальным. Его как бы сравнивают не с одним человеком, а со всем человечеством.

Я думаю, что искусственный интеллект будет создан только к концу нашего века. Такой робот сможет понимать разговорную речь, сам будет говорить на заданную тему и даже... разгадывать кроссворды. Ну а чтобы робот мог, скажем, написать настоящее литературное произведение, он должен пожить полнокровной человеческой жизнью. Конечно, мы можем наделить его искусственными чувствами, эмоциями. Но и при этом он будет жить своей, кибернетической жизнью, а не человеческой. Чтобы у робота были настоящие эмоции, нужно, чтобы его признали членом общества, чтобы он мог испытать настоящие человеческие страсти...

Произойдет ли это когда-нибудь или нет, сегодня сказать трудно. Но если и случится такое, то очень и очень не скоро.

Выше я говорил о применении отдельных компьютеров, однако ныне народное хозяйство настолько сложно по своей структуре, что в управлении им все большую роль начинают играть не отдельные ЭВМ, а уже целые специальные системы. Они позволяют, во-первых, прогнозировать научно-технические возможности, во-вторых, ставить и формулировать соответствующие цели, созда-

вать модели, помогающие выбрать наилучшие пути достижения этих целей, а также, в-третьих, модели как краткосрочного планирования, так и текущего управления.

У подобных моделей одно общее: процессу принятия решений на любом уровне — будь то постановка цели, выбор путей ее достижения или же конкретные управленческие задачи — всегда предшествует эксперимент. Для экономики это имеет необычайно важное значение. Ведь, прежде чем принять какое-то решение, мы обязательно должны знать, к чему оно в конце концов приведет.

К сожалению, бывает так, что из-за взаимосвязанности всех звеньев экономической цепочки улучшение того или иного отдельного показателя может вызвать совершенно нежелательные последствия, предусмотреть которые, пользуясь старыми методами планирования, невозможно. Таких примеров можно привести много, и все они подтверждают, насколько важна роль моделирования процессов управления.

Еще не так давно мы могли успешно использовать практику раздельного планирования — скажем, составлялся пятилетний план развития науки и техники, научных исследований и совершенно отдельно разрабатывался план развития экономики народного хозяйства и внедрения новой техники. При этом предполагалось, что за данный срок наука получит какие-то результаты, которые будут внесены в план следующей пятилетки.

Но любому ясно: при таком подходе среднее время между получением научного результата и его внедрением никак не меньше пяти лет. А в мировой практике уже нередки случаи, когда открытия широко используются в промышленности всего через два-три года... Вот почему на повестке дня встал вопрос об объединении моделей — модель управления научно-техническим прогрессом должна стать составной частью общей модели управления всей экономикой в целом.

Главная задача сейчас состоит в том, чтобы организовать систему прогнозирования. Без нее просто невозможно предвидеть направленность научно-технического прогресса. Однако действовать надо совсем иначе, нежели делали это раньше. Скажем, нельзя раз навсегда составить прогноз до 1990 года. Почему? Да потому, что наука и техника развиваются непрерывно, и

то, о чем еще три года назад ученый не имел представления, сегодня он обязательно внес бы в прогноз...

Значит, так же, как непрерывно развивается наука, постоянно должен корректироваться и прогноз. Не менее важно и другое обстоятельство: прогнозирование ни в коем случае нельзя разрывать на отдельные элементы, как это нередко делается. Ведь все факторы науки и техники тесно взаимосвязаны.

Предположим, цель — создать электронно-вычислительную машину, способную на триллион операций в секунду. Сегодня мы еще не знаем, как ее сделать. Но, поставив задачу, мы можем мобилизовать группу талантливых ученых и конструкторов и задать им вопрос: чего в соседних разделах науки и техники не хватает для того, чтобы они могли взяться за ее решение? Один выдвигает одну совокупность идей, другой — другую. У одного требования к материалам, у другого — к математическим расчетам и проектированию, у третьего — к измерительным приборам и тому подобное. Составленный перечень «заявок» перепоручается специалистам в иных областях. Им надлежит сообщить, почему эти «заявки» сегодня не осуществляются, что необходимо решить их соседям, дабы можно было выполнить требуемые. Такая эстафета продолжается довольно долго, но в конце концов перед нами вырисовывается общая картина взаимодействия самых разных научно-технических проблем. И задача, стоящая перед электронной промышленностью, может странным образом «аукнуться» в рыбном промысле, от которого, скажем, зависит получение сырья для химических предприятий, изготавливающих новые материалы...

Таким образом, прогноз, то есть вся та огромная, проделанная специалистами работа, о которой я говорил, вместе с оценками времени, средств и ресурсов, должен постоянно храниться в памяти ЭВМ. И благодаря ее быстродействию необходимые изменения довольно скоро автоматически распространяются по всей модели. Короче, за считанные минуты она как бы перепишет весь прогноз, и компьютеру можно задавать любые вопросы по этому прогнозу, он тут же точно ответит на них.

Нам нужно всю научно-техническую мысль страны организовать в единый коллективный мозг, который выдавал бы начальную информацию, научно-технические

идеи. Из такого подхода рождаются сразу же и пути достижения определенной цели. Причем интересно: в прогнозе в отличие от плана возникают еще и многовариантные идеи. Ведь к решению проблемы можно подойти с разных сторон. Для перевода же прогноза в конкретную программу достижения цели опять-таки придется провести дополнительную работу. Ведь пока мы еще не знаем, на каком именно пути лежит решение этой проблемы. Ученые-то могут предложить и двадцать, и тридцать таких дорог.

Понятно, никто не позволит нам финансировать все эти пути, ибо просто не хватит средств. Значит, на предвидение надо тратить лишь часть ресурсов. Но и выбирать предложенные пути слишком долго тоже нельзя — поиск может оказаться вовсе бессмысленным. Чтобы избежать это противоречие, разработана специальная методика, позволяющая постоянно нацеливать науку на самые главные проблемы. Она позволяет выделить одно-два, ну, максимум три основных направления, по которым и следует вести поиск. То, о чем шла речь, вполне можно отнести и к плану.

Задача эта необычайно трудна, ибо в плане экономики все так же взаимосвязано, как и в науке. Пользуясь старыми методами, невозможно составить план, а потом, когда появится перспективное научное открытие, просто исправить какой-то его маленький раздел. Ну, скажем, если потребуется что-то изменить в программе производства пассажирских самолетов, то для этого придется перевернуть чуть ли не весь план, включая задания цветной и черной металлургии. Хотя деталей из обычных металлов в самолете не так уж много, они нужны станкам, на которых части этого самолета изготовляются. Далее такое изменение в плане коснется и электроэнергии, и приборостроения, и электроники, и многого другого. В конце концов, это скажется на добывающих отраслях промышленности.

Все методы, которые существовали до сих пор, требовали для коррекции плана столько же времени, сколько и для его составления. И мы прекрасно понимали: нужна динамичная модель плана, которая будет постоянно храниться в памяти ЭВМ и корректироваться.

За последнее время нам удалось разработать методику, с помощью которой можно очень быстро сделать подкорректировку. То есть теперь плановик получил

право уточнять план новыми идеями, а уж пересчетом всех взаимосвязей, предсказанием того, что же у нас получится через два или три года и что нам еще нужно, занимается сама машина, причем в масштабах всей страны.

Эта диалоговая модель, называемая дисапланом, или диалоговой системой планирования, уже действует.

Хочу заметить: наличие такой модели и возможность предвидения содержат в себе диалектическое противоречие. Жизнь и экономические системы — это чрезвычайно сложные вещи, и полное их изучение, то есть адекватное преобразование действительности в модель, недостижимо. Модель всегда будет в чем-то действовать не так, как сам объект. Тут есть опасность впасть в две крайности. Одна из них — принимать волевое решение «от пушки», ничего не изучая и не моделируя, не пытаясь предвидеть и полагаясь только на свою интуицию. Эта практика уже осуждена, и любой знает, что подобный волюнтаризм просто недопустим.

Однако еще не все, кто работает в области АСУ и систем управления, понимают, что плоха и другая крайность. Если мы, пока все не изучим, не станем принимать никаких решений, то и от этого не будет пользы. Есть золотая середина, когда человек или коллегия людей должны заявить: довольно изучать, точность проведенных исследований нас удовлетворяет, и пора наконец-то принимать решение. Иначе говоря, волевой элемент и человеческая ответственность должны присутствовать в автоматизированной системе управления и никогда из нее не исключаются.

В заключение добавлю, что в решении стратегических вопросов нельзя забывать о сложности современного народного хозяйства. Ведь именно в синхронизации связей между предприятиями и в управлении этими связями лежат самые большие резервы. Вот почему вычислительная техника и исполнение сложных программ управления должны подчиняться единому стратегическому замыслу повышения эффективности в общегосударственных масштабах, как это намечено XXV съездом партии.

Сейчас в связи с созданием Общегосударственной автоматизированной системы (ОГАС) возникает настоятельная необходимость объединить все описанные модели в единое целое. Нельзя представлять себе про-

блему постройки такой огромной системы как чисто техническую задачу. Нельзя думать, что для этого достаточно просто соорудить вычислительные центры, системы связи, сбора сведений и т. д. Мельница должна молоть доброкачественную муку. Систему нужно зарядить соответствующей информацией, причем, как вы, наверное, поняли, не только фактической, но и информацией по предвидению, мнениями экспертов, математическими моделями и еще очень многим.

За это время будет создана и совокупность необходимых моделей. В первом приближении такая совокупность нами уже разработана. Она характеризует более или менее все стороны: и вопросы постановки цели и развития экономики, и вопросы социального управления, и вопросы планирования текущего управления на разных уровнях. Другое дело, что ее звенья находятся на неодинаковых стадиях готовности. Некоторые из них уже внедрены в практику и используются, другие же только прорабатываются экспериментально.

Однако следует помнить, что столь трудоемкая задача, как создание ОГАС, не под силу коллективу ученых или даже целому институту. Это задание должно решаться всеми нашими специалистами в области и автоматизированных систем управления, и экономики, и социологии, и многих других наук и дисциплин.

Вот почему мы и рассматриваем проделанную нами работу лишь как первое приближение к той трудной, но увлекательной работе, которая будет организована во исполнение решений XXV съезда партии и десятой пятилетки.


Академик
Б. Кадомцев
о квантах
и звездах

Если школьника-старшеклассника, проявившего любовь к физике и склонного посвятить свою жизнь научной деятельности, спросить, какого рода исследованиями — фундаментальными или прикладными — он предпочел бы заниматься, то почти наверняка последует ответ — фундаментальными. При этом молодой человек скорее всего будет иметь в виду физику элементарных частиц, поскольку после ядра это сейчас, безусловно, самый глубокий уровень изучения физических законов материи. Кроме того, вольно или невольно слова «фундаментальные исследования» получат у него окраску «чисто научные исследования» (кстати, раньше так и проходило разделение — на чистую и прикладную части научных исследований). Чисто научные исследования... — это, в понимании многих, движимые только жаждой познания, сохранившейся и пронесенной от детства через всю жизнь, неутомимой любознательностью и пытливостью ума, стремлением проникнуть в самые заветные тайны природы. Действительно, благодарная задача! И в былые времена, когда эти исследования проводились ничтожными средствами и буквально с помощью самодельного оборудования, они вызывали только чувство восхищения. Сейчас, когда для проведения научных исследований приходится затрачивать значительные материальные средства, к этому чувству часто примешивается полувопрос: «А в нужном ли направлении и в правильных ли масштабах расходуются эти средства?»

Традиционный ответ на этот вопрос состоит в том, что именно фундаментальные исследования и открытия дают наибольший импульс научно-техническому прогрессу. И это безусловно так. Такие исследования позволяют заложить основы науки, создать базис для понимания механизмов, лежащих в основе множества процессов, происходящих в окружающем нас мире. Понимание природы того или иного явления на самом глубоком, детальном уровне, безусловно, обернется на благо человеку независимо от того, как сам исследователь оценивает направленность и цели своих работ. В этой связи часто вспоминают слова знаменитого английского физика Резерфорда, который, выступая в 1933 году на съезде Британской ассоциации содействия развитию науки, заявил: «Всякий, кто ожидает получения энергии в результате трансформации атомов, говорит вздор».

Как известно, ситуация изменилась очень быстро: всего через пять лет было открыто деление урана, а через девять лет заработал первый атомный котел.

Но можно ли этот пример рассматривать как бесспорный аргумент в пользу развития лишь определенных, избранных разделов физики, направленных на изучение наиболее фундаментальных и глубоких ее законов? Мне кажется, что нет. И в последующем рассказе о некоторых наиболее ярких достижениях советской физики мне хотелось бы подчеркнуть некоторые особенности развития современных физических исследований. Кратко их можно суммировать следующим образом: в современной физике все ее разделы тесно связаны между собой, образуя одно общее здание. Причем в самых различных областях и на разных уровнях исследований проводятся чисто научные, поисковые работы, которые приводят к новым, подчас довольно неожиданным открытиям даже там, где это казалось совершенно невероятным. Результаты этих исследований, их экстракт, суммируется в теоретической физике, которая с единых позиций и сходными методами пытается составить общую картину физического мира — от квантов до звезд.

Уже в первые годы Советской власти, годы становления молодой советской науки, фундаментальным исследованиям уделялось очень большое внимание. Именно с постановки фундаментальных исследований начиналась советская физика.

А начинать приходилось буквально с нуля. Первая мировая война и последовавшие за ней годы блокады молодой республики прервали связи физиков с научным миром. Но уже в самые первые годы Советской власти в неотапливаемых, лишенных самого необходимого оборудования лабораториях Москвы и Петрограда трудились физики, пытаясь всеми доступными средствами изучать атомную структуру материи.

Именно в эти годы известный физик Д. Рождественский провел очень важные исследования по спектральному анализу и структуре атомов. В своих работах он с большой научной смелостью обобщил основные положения теории Бора (относившейся лишь к атому водорода) на другие, более сложные атомы. Идеи Д. Рождественского представляли собой фундаментальные открытия, лежащие в основе атомной теории. Спустя не-

сколько лет стало известно, что многие из его положений были примерно в то же время открыты и опубликованы рядом ученых Запада. И это не умаляет, а, наоборот, подчеркивает заслугу Д. Рождественского. В условиях полной изоляции советской науки он один, полнее и в более общей форме высказал то, что удалось сделать нескольким наиболее крупным ученым за границей.

Обстановку, в которой зарождалась молодая советская физика, лучше всего характеризует письмо выдающегося советского физика А. Иоффе к немецкому ученому П. Эренфесту: «...Мы прожили тяжелые годы и многих потеряли, но сейчас начинаем снова жить. Научная работа идет у нас все это время. Работаем много, но закончено пока немного, так как год ушел на организацию работы в новых условиях, устройство мастерских и борьбу с голодом...»

Сразу же вскоре после снятия экономической и военной блокады по непосредственному заданию В. Ленина за границу выехало несколько групп советских физиков. Необходимо было восстановить прерванные научные связи, приобрести оборудование для лабораторий и научную литературу. Кроме того, требовалось как можно быстрее сломать барьер отчуждения, воздвигнутый западной пропагандой между молодой республикой и прогрессивной общественностью Запада. В том, что этот барьер был быстро сломлен, огромная заслуга ведущих ученых Европы, таких, как Н. Бор, А. Эйнштейн, Э. Резерфорд, М. Склодовская-Кюри, и многих других. К тому же лучшей «визитной карточкой» молодой советской физики были ее успехи, достигнутые, несмотря на трудные годы разрухи и становления Советской республики.

Многие из молодых талантливых физиков получили приглашение поработать в ведущих физических центрах Европы. И надо сказать, что они не только успешно стажировались и набирались опыта и знаний у известных физиков, но и зачастую сами вносили очень активный вклад в развитие физики конца 20-х — начала 30-х годов. Так, в Англии несколько лет успешно трудился молодой тогда советский физик П. Капица, которому удалось в самый короткий срок из ученика превратиться в ближайшего соратника Резерфорда.

Большое внимание, которое уделялось фундамен-

тальным исследованиям с самых первых лет развития советской физики, позволило нашей стране в сравнительно короткое время занять ведущее положение в этой области науки. Это, по существу, предопределило успех нашей страны в решении ключевых проблем научно-технического прогресса, таких, как овладение атомной энергией, освоение космоса, создание лазерной техники и квантовой электроники и др.

В те же самые годы, когда было открыто деление ядер урана, исследования по этой проблеме уже велись и в нашей стране под руководством И. Курчатова. Это позволило советским физикам, несмотря на трудные годы войны, заложить основы атомной науки и уже в 1946 году построить первый в Европе атомный реактор. Так зародилась и начала развиваться атомная энергетика, достижения которой сейчас хорошо известны.

Во всех своих разделах и на всех уровнях изучения явлений современная физика стала довольно сложной. Она фактически уже потеряла сокровенную надежду найти некоторые фундаментальные, простые в своей основе первичные законы, из которых бы все остальные выводились лишь как следствие. Даже в простейшем примере описания поведения плазмы, то есть совокупности заряженных частиц, взаимодействующих по давно известным законам, приходится развивать свой собственный мир представлений (разумеется, имеющий аналогии с другими разделами физики). И то же самое имеет место в других разделах физики. Так что в этом смысле физика все более теряет качества простоты и элементарности и сближается с такими науками, как химия или биология, где имеют дело с очень сложными объектами природы.

Усложнение физики требует развития более сложной и дорогой техники эксперимента и измерительной аппаратуры, и это другая, отчетливо прослеживаемая характерная черта современной физики: сложность экспериментальных установок и их более сильная связь с уровнем и темпами развития техники и промышленности.

Иногда прогресс в науке и технике настолько тесен, что приходится говорить о научно-технических достижениях, а не просто о научных открытиях. Ярким примером этого может служить одно из выдающихся достижений науки и техники нашего времени — выход человека

в космос и начало освоения космического пространства. Это, безусловно, триумф советской науки и техники. И что интересно, выход в космос открыл новую страницу в чисто физических исследованиях: это и физика околоземного космического пространства, и плазменные эксперименты в космосе (например, искусственное полярное сияние), и изучение планет, их строения и эволюции. Выход в космос позволил развить рентгеновскую и гамма-астрономию, то есть освоить новый диапазон длин волн в идущей из космоса информации в электромагнитном излучении.

В собственно физике одним из наиболее выдающихся достижений последнего времени является открытие и создание лазеров. Лежащий в основе лазера принцип индуцированного излучения, казалось бы, не являлся новым и в простейшей форме был давно известен. Но тем не менее лазеры, безусловно, были ярким и совершенно неожиданным открытием, авторы которого, советские физики академики Н. Басов и А. Прохоров, удостоены Нобелевской премии.

Перечислить все области применения лазеров совершенно невозможно: недаром, пусть и в шутку, о нынешней эпохе говорят как о лазерном веке. Просто поразительно, как быстро «чисто физическая», фундаментальная идея индуцированного излучения квантовых систем проникла, что называется, в плоть и кровь самых разных областей науки и техники.

Успех лазеров базируется на целом ряде их уникальных способностей. Это огромная точность измерений самых разных величин, очень малых и очень больших; высокая информативная емкость лазерного луча, делающая его незаменимым средством связи как между сверхдальними объектами на Земле и в космосе, так и в узлах ЭВМ с целью повышения их быстродействия; наконец, с одной стороны, возможность сконцентрировать огромную энергию в малых объемах и, с другой, способность чрезвычайно точно и деликатно воздействовать на такие тонкие механизмы, как, например, живая клетка.

Начальный этап развития лазеров был характерен тем, что наибольшее внимание уделялось процессам так называемого нерезонансного, чисто силового взаимодействия интенсивных световых потоков с веществом. К ним относятся лазерная обработка сверхтвердых ма-

териалов, лазерная сварка, сжатие вещества до высоких плотностей лазерными лучами и многое другое.

В последнее время повышается интерес к более тонкому по своей природе резонансному взаимодействию лазерного излучения с веществом, когда точным подбором свойств луча удается управлять процессами, идущими на атомно-молекулярном уровне. Здесь уже огромную роль играет возможность строгой дозировки и локализации вводимой в вещество энергии, точной настройки частоты света в резонанс с исследуемой системой.

Хорошо известно, сколь велика сейчас потребность множества областей науки—биологии, медицины, археологии, химии и т. д. — в различных изотопах химических элементов. Поэтому чрезвычайно важной является задача выделения изотопов из природного сырья, обычно представляющего собой смесь атомов самых разных сортов. Не так-то легко отделить друг от друга разные изотопы одного и того же химического элемента, например уран-235 и уран-238. Химически они идентичны, электрическое поле в прямом смысле здесь бессильно, поскольку число электронов у них на орбитах одинаково. Механическим путем тоже трудно многого добиться — слишком мала у них разница в массах.

Исследования, проведенные под руководством доктора физико-математических наук В. Летохова, показали, что лазерное излучение обладает уникальным свойством воздействовать только на желаемые изотопы в природной смеси, а не на всю смесь в целом, как это характерно для всех остальных методов разделения изотопов. В основе лазерных методов лежит возможность селективно, нацеленно возбуждать атомы определенного сорта лазерным излучением заданной частоты и интенсивности.

Известно, что испускание и поглощение энергии атомами происходит квантованно, дискретными порциями. Причем для атомов определенного сорта характерна «своя», только им присущая порция энергии. Поглотив ее, атом переходит в возбужденное состояние. Так что, если облучать смесь атомов разного сорта квантами определенной частоты, то поглощаться эти кванты будут атомами только одного сорта. И следовательно, возбуждаться будут именно эти атомы.

Дело в том, что возбужденные атомы или молекулы становятся более активными, реакциоспособными. Вот

это свойство возбужденных атомов взаимодействовать с различными физическими или химическими агентами и используется для их дальнейшего выделения из смеси. Например, при облучении смеси светом другого лазера возбужденные атомы теряют слабо связанные внешние электроны и из нейтральных превращаются в положительно заряженные ионы. Теперь их можно легко выделить из смеси с помощью электрического поля, в то время как атомы других сортов остаются электрически нейтральными и не взаимодействуют с электрическим полем.

Еще один способ выделения изотопов из смеси основан на возможности химического связывания возбужденных атомов благодаря их повышенной химической активности. Вступая в реакцию с каким-либо химическим агентом, возбужденные атомы присоединяются к молекулам агента и образуют соединения, легко выделяющиеся из исходной смеси (например, выпадают из жидкости в осадок).

Разделение изотопов сейчас становится одной из важнейших сфер применения лазеров. В отличие от других методов разделения изотопов, каждый из которых применим лишь к узкому кругу элементов, лазерный метод в принципе подходит для разделения практически всех элементов таблицы Менделеева. Его универсальность дает возможность перевести этот процесс на промышленную основу и с большой экономической выгодой удовлетворить потребности многих отраслей науки и народного хозяйства.

Темпы научно-технического прогресса во многом зависят от уровня промышленного приборостроения и освоения новых материалов. А этот уровень в немалой степени определяется успехами физики твердого тела. Поэтому очевидно, что в современной технике физика твердого тела играет очень большую роль, являясь фундаментом научно-технического прогресса.

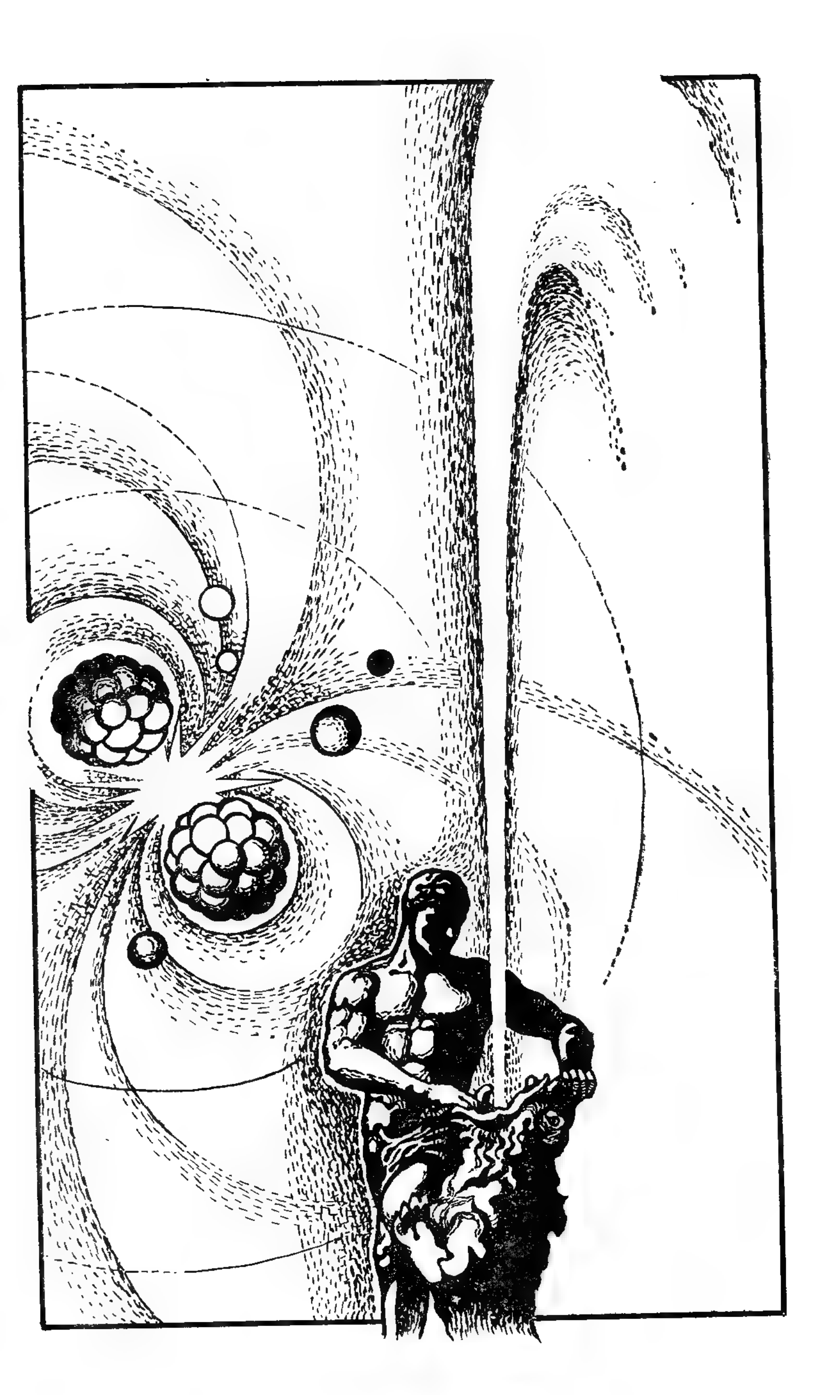
Не так давно квантовая теория твердого тела была привилегией лишь физиков-теоретиков. Сейчас положение изменилось коренным образом: прогресс науки и техники в нашей стране привел к тому, что квантовые свойства твердого тела уверенно стали использоваться при создании обширного класса электронных приборов. Прежде всего это относится к электронно-вычислительным машинам. Переход к микроэлектронным схемам с

высокой степенью интеграции дал возможность уменьшить размеры и повысить быстродействие машин до десятков и даже сотен миллионов операций в секунду.

Развитие лазерной техники, а следовательно и связанных с ней областей, также во многом зависит от уровня работ по физике твердого тела. Созданные физиками искусственные кристаллы рубина в роли активных элементов позволили построить квантовые усилители радиодиапазона с рекордной чувствительностью. Сейчас эти усилители широко применяются для связи с космическими кораблями. А мощные лазеры с рабочим телом из неодимового стекла используются для исследований по термоядерному синтезу.

Известно, что в науке и технике имеется множество оригинальных идей (создание новых машин, новых принципов передачи движения, энергии и т. д.), которые не могут быть реализованы из-за отсутствия материалов с нужным комплексом свойств. Порою это ограничивает развитие целых научных областей. Например, в принципе известно, как провести ряд процессов преобразования энергии: химической, тепловой, ядерной — непосредственно в электрическую. Но пока нельзя создать такие агрегаты, в которых можно было бы с высокой эффективностью осуществлять эти преобразования. Конструктивные элементы таких агрегатов должны выдерживать сверхвысокие температуры и громадные давления, сильные электрические и магнитные поля и большие радиационные нагрузки. Если бы сейчас были подобного рода материалы, задача преобразования энергии могла быть решена гораздо быстрее. Поэтому создание новых материалов — одно из главных направлений физики твердого тела.

В настоящее время усилия как теоретиков, так и экспериментаторов направлены на решение еще одной важной задачи. Это проблема создания высокотемпературных сверхпроводников — материалов, обладающих бесконечно малым электрическим сопротивлением и позволяющих, следовательно, передавать энергию на большие расстояния почти без потерь. Требуется найти условия, при которых переход в сверхпроводящее состояние осуществлялся бы при температурах, значительно превышающих достигнутые. Наивысшее известное значение критической температуры (21°К) имеет сплав элементов Nb, Al, Ge. В последние годы сообщалось, что



удалось поднять критическую температуру еще на несколько градусов. По-видимому, возможности повышения критической температуры традиционным методом, таким, как создание новых сплавов, их обработка, еще не исчерпаны.

Но, с другой стороны, очень похоже, что этим путем вряд ли удастся достигнуть значительного повышения критической температуры, например, хотя бы до температуры жидкого азота (около 70°К). Поэтому сейчас большие усилия направлены на отыскание теоретического механизма, обеспечивающего сверхпроводимость.

Серьезные надежды на успех в этой области связывают, как это ни странно на первый взгляд, с водородом. (Заметим, что с первым элементом периодической системы связаны, по крайней мере, три большие надежды: надежда на термоядерную энергию, надежда на химическое топливо, безвредное для окружающей среды, и, наконец, надежда на передачу электроэнергии почти без потерь.)

Как известно, при атмосферном давлении в обычных условиях водород является молекулярным. Кипит он при температуре 20,3°К, затвердевает при 14°К. В твердом состоянии в обычных условиях он является диэлектриком. Однако при достаточно сильном сжатии внешние атомные оболочки элементов как бы раздавливаются, и в этих условиях все вещества должны переходить в металлическое состояние. Ожидается, что при плотности около 10 граммов в кубическом сантиметре в металлическое состояние может перейти и водород, который будет представлять собой в этом случае твердое тело, обладающее высокой электропроводностью и другими свойствами металла. Согласно теоретическим прогнозами водород в таком состоянии должен быть сверхпроводником при комнатной температуре.

Большое внимание проблеме создания металлического водорода уделяют советские физики. Недавно усилия ученых из Института высоких давлений АН СССР под руководством академика Л. Верещагина привели к первому успеху. Подвергнув твердый водород при температуре 4,2°К статическому сжатию, физики обнаружили, что при давлении около трех миллионов атмосфер электрическое сопротивление водорода уменьшилось в миллион раз. Авторы полагают, что этот факт является свидетельством перехода водорода в металлическое состоя-

ние. Правда, при снижении давления до миллиона атмосфер или при некотором повышении температуры происходил обратный переход в диэлектрическое состояние. Однако исследователи надеются, что специальные меры по «закалке» такого метастабильного состояния позволят как бы законсервировать механический водород.

...С тех пор как в науке появилось соотношение $E=MC^2$, возникла и остается манящая проблема использования полной энергии вещества. Но полностью вещество превращается в энергию только при аннигиляции вещества с антивеществом. Физики еще не подобрали ключей к этому источнику энергии — прежде всего нужно найти технические возможности получения и долговременного хранения заметного количества антивещества в земных условиях. Задача эта необычайно трудна: ведь сохранить антивещество можно только в глубоком космическом вакууме, полностью исключив всякую возможность контакта с обычным веществом.

Однако первые шаги к получению антивещества уже удалось сделать! Физики сейчас умеют не только создавать в ядерных реакциях антиподы почти всем известным частицам, но и разгонять на ускорителях до заданной энергии целые пучки античастиц. А вслед за антидейтроном, антиподом ядра тяжелого водорода, полученным впервые американскими физиками, советским ученым удалось на одном из крупнейших в мире Серпуховском ускорителе синтезировать более тяжелый антигелий-3. И хоть сейчас удается пока получать считанное количество ядер антигелия, в принципе стала ясной возможность создания в земных условиях антиатомов всех элементов таблицы Менделеева.

А с помощью пучков ускоренных антипротонов недавно удалось сделать чрезвычайно интересное и далеко идущее по своим следствиям открытие. Впрочем, если быть точным, открытие, как нередко бывает в физике, было сделано сначала на бумаге. Авторы его — теоретики из Института теоретической и экспериментальной физики под руководством доктора физико-математических наук И. Шапиро. Выводы теоретиков позже подтвердились в эксперименте.

Суть открытия в том, что некоторые из тяжелых частиц, обнаруженных в последнее время, могут состоять из... нуклонов и антинуклонов! Частица и античастица,

встретившись в одной из точек пространства, вместо того чтобы немедленно аннигилировать, образуют связанный микрообъект. Расчеты показали, что протон и антипротон, сойдясь на расстояние в 2—3 ферми (1 ферми равен 10^{-13} сантиметра), попадают в сферу действия ядерных сил. Именно ядерные силы связывают прочными нитями нуклоны — протоны и нейтроны в обычных ядрах. И эти же силы, оказывается, могут на некоторое время удержать вместе и протон со своим антиподом, образовав своеобразное «как бы ядро» (физики так и называют подобную систему — «квазиядро»).

Живут в квазиядре нуклон и антинуклон около 10^{-20} секунды (а для микромира это очень много), прежде чем неумолимые законы природы заставят их сойтись еще ближе, на расстояние в 10^{-14} сантиметра и попасть в область аннигиляции. И тогда — взрыв! Частицы исчезают начисто, оставив после себя потомство в виде четырех-пяти пи-мезонов и несколько гамма-квантов.

Экспериментаторы получили сначала косвенные доказательства существования квазиядер, а в сериях последующих экспериментов удалось непосредственно обнаружить тяжелые частицы с массой около двух нуклонных масс. «Квазиядерные мезоны» — так назвали их физики — были обнаружены в 1975 году на ускорителях в Серпухове и ЦЕРНе (Швейцария). Продукты их распада и особенности аннигиляции совпали с предсказаниями теоретиков. Вероятно, это и есть ядра-частицы. Связывают их те же ядерные силы, которые держат протоны и нейтроны в ядрах, а ведут себя они во многом подобно элементарным частицам.

Так квазиядерные мезоны вновь связали две области физики, разошедшиеся некогда по своим направлениям, — физику атомного ядра и физику элементарных частиц. Когда-то в 50-х годах обилие открывавшихся элементарных частиц, которые к тому же подчинялись своим, ни на что не похожим законам, заставило выделиться в самостоятельную область науки — физику элементарных частиц. Тем не менее физики не оставляют попыток нащупать нечто общее между ядрами и частицами, уловить, хотя бы частично, замысел проекта, по которому природа построила микромир.

Вообще говоря, глазам физиков открыта пока что

довольно разрозненная картина микромира. Существующие теории элементарных частиц представляют собой скорее оторванные друг от друга куски, нежели единое целое. Изучен довольно широкий круг явлений — превращения одних частиц в другие, внутриядерные процессы, рождение частиц как бы из «ничего» — из вакуума. Одни процессы управляются электромагнитными взаимодействиями, другие — сильными, ядерными, третьи — так называемыми слабыми.

Слабое взаимодействие универсально — в нем участвуют все известные частицы. К этому классу относятся разнообразные процессы, в частности, почти все распады ядер и отдельных частиц. Ряд частиц участвует только в слабых и электромагнитных взаимодействиях и не испытывает сильных взаимодействий. В то же время некоторые из таких частиц могут через промежуточное состояние, называемое виртуальным, превращаться в сильно взаимодействующие частицы.

Почему возможны такие процессы, физики пока что не знают. Как не знают ответа еще на многие десятки острых вопросов. Нет еще достаточно прочных связей между огромным множеством явлений микромира. Важность и необходимость создания общей теории, единым образом описывающей материю на субъядерном уровне, предельно очевидна.

Вероятно, для создания такой теории физикам не хватает пока каких-то существенных фактов, чтобы «докопаться» до той основы, на которой базируется все множество наблюдаемых явлений. В последнее время накопление нового экспериментального материала идет довольно бурно, сообщения о новых открытиях следуют практически одно за другим. И хотя, по всей видимости, решающие эксперименты еще впереди, результаты некоторых исследований кажутся весьма обнадеживающими.

Активную роль в процессах, подчиняющихся слабому взаимодействию, играет нейтрино. Оно само появляется в результате слабого взаимодействия, и в столкновениях с другими частицами поведение нейтрино определяется опять же слабыми взаимодействиями. Так что для изучения природы этих сил нейтрино — превосходный инструмент.

Идею нейтринных экспериментов на ускорителях

еще 15 лет назад выдвинули советские физики, академики М. Марков и Б. Понтекорво. Однако прошли годы, прежде чем идею удалось реализовать. Ведь нейтрино невероятно инертная и неуловимая частица. Она почти беспрепятственно проходит через вещество. Поэтому для проведения экспериментов нужны очень плотные и мощные потоки нейтрино. Создать их можно лишь на ускорителе с очень высокой энергией. С вводом в строй мощного ускорителя в Серпухове такая возможность появилась.

Огромные трудности проведения нейтринных экспериментов обещают с лихвой окупиться результатами. Залогом тому — одно из наиболее перспективных открытий последних лет: нейтральные нейтринные токи.

До последнего времени все исследования показывали, что нейтрино всегда появляется в паре с легкой заряженной частицей. Так бывает при бета-распаде, благодаря которому физики впервые предположили существование нейтрино. Нейтрон превращается в протон, при этом испускается нейтрино с электроном. Пи- и ка-мезоны распадаются на мю-мезон и опять же нейтрино. Такие реакции с появлением нейтрино в паре с легкой заряженной частицей физики называют заряженными нейтринными токами.

А вот процесс, в котором есть нейтрино, но нет его попутчиков электрона или мюона — нейтральный нейтринный ток, — в экспериментах никогда не наблюдался. Однако ни один из фундаментальных законов не запрещает его. И в большинстве наиболее перспективных моделей, построенных с целью объединить разрозненную картину микромира, связать воедино все виды взаимодействий, нейтральные нейтринные токи были одним из «краеугольных камней». Но тот факт, что в эксперименте подобные процессы не наблюдались, ставил эти модели под сомнение.

Наконец, в 1973—1974 годах в нескольких экспериментах, поставленных независимо разными группами исследователей, нейтральные нейтринные токи были открыты. В частности, наблюдался такой процесс: нейтрино и протон, столкнувшись друг с другом, разлетаются в разные стороны. В столкновении рождаются три тяжелых пи-мезона, а легких, слабовзаимодействующих частиц в реакции нет.

Успех укрепил уверенность теоретиков в правиль-

ности выбранного направления. А недавно открытые новые частицы еще раз показали силу теории и привели к обнаружению нового свойства частиц, также предсказываемого в рамках последних теоретических моделей. Конкретно речь идет о существовании нового класса микрообъектов — так называемых очарованных частиц. Это частицы, у которых проявляется некоторое специфическое свойство, сходное с зарядом, и получившее название «очарование». Оказалось, что существует целый класс частиц с «очарованием».

И хотя ситуация пока еще не вполне ясная, но можно с определенностью сказать, что на «мельницу» будущей единой теории сейчас хлынул бурный поток экспериментальных данных. Период застоя в микрофизике закончился, и она с уверенностью берется за решение задач, необычайно важных для понимания физической природы окружающего нас огромного мира.

За всю свою историю человечество истратило немногим более... тридцати тонн энергии! Это не шутка и не парадокс: энергию вполне можно измерять в тоннах, надо лишь вспомнить ту же формулу Эйнштейна $E=MC^2$, дающую взаимосвязь массы и энергии. Теперь, вероятно, более ощутимыми станут огромные резервы энергии, скрытые в веществе.

Практически вся масса вещества сосредоточена в атомных ядрах. Грубо говоря, чем тяжелее ядро, тем большим резервом энергии оно обладает. Так что, если подходить к делу утилитарно, становится понятным тот интерес, который проявляют физики к тяжелым трансурановым элементам.

Список элементов, существующих в природе, заканчивается ураном. Первый трансурановый элемент — плутоний — был получен уже искусственно, в атомном реакторе. За тридцать лет физики последовательно добрались до 106-го элемента. Конечно, говорить о практическом использовании трансурановых ядер, например об извлечении из них энергии путем цепной реакции деления, еще рановато.

Пока что здесь стоит несколько обратная задача — думать не о том, как разделить эти ядра (они и так делятся, причем гораздо охотнее, чем того хотелось бы), а о том, как синтезировать их, сталкивая друг с другом ядра элементов из середины таблицы Менделеева. И задача эта необычайно сложна.

Дело в том, что самые тяжелые из трансурановых элементов живут секунды и даже доли секунд. Чем тяжелее элемент, тем быстрее он разваливается под собственной тяжестью, едва успев родиться. Уже для 104-го элемента теоретики предсказывали срок жизни в сотые доли секунды, а грубая экстраполяция приводила к выводу, что элементы, начиная со 108-го, должны спонтанно делиться с такой большой скоростью, что не только изучение их, но и получение, синтез совершенно невозможны.

Однако последующие эксперименты опровергли эти предсказания. В течение десяти последних лет физики одного из крупнейших в мире научных центров — Объединенного института ядерных исследований в Дубне под руководством академика Г. Флерова синтезировали 104, 105, 106 и 107-й элементы. Изучение этих элементов показывает, что с увеличением атомного номера стабильность их если и не возрастает, то, по крайней мере, уже не так быстро падает. Это вселяет надежду на существование так называемого «острова стабильности». Что же это за остров?

Еще в 30-е годы была замечена некая странная закономерность. Некоторые химические элементы резко отличались от своих соседей по периодической таблице повышенной живучестью. И в природе элементы с номерами 2, 8, 20, 50, 82 встречаются чаще, чем другие. Поначалу это казалось странным и необъяснимым, что дало физикам повод в шутку назвать эти числа «магическими». Потом появилась теория, раскрывшая эту закономерность тем, что ядра, содержащие в себе подобное число нуклонов (протонов или нейтронов, или тех и других одновременно), обладают завершенной конструкцией и потому наиболее устойчивы. Теория предсказала и еще одно магическое число — 114. Конкретно предполагается, что элемент со 114 протонами обладает замкнутой оболочкой, а изотоп этого элемента, содержащий 184 нейтрона, является даже дважды магическим.

Впрочем, точность теории здесь пока невелика, поэтому физики осторожны в прогнозах и очерчивают островок из нескольких элементов — 110—114, один из которых может оказаться наиболее устойчивым. Причем время жизни такого магического «сверхъядра» ожидается просто огромным: период полураспада его оценивается в 10^8 лет!

Нынешнюю ситуацию в физике трансурановых элементов очень образно описывает руководитель работ по синтезу сверхтяжелых ядер академик Г. Флеров: «В последние годы мы долго плавали по морю нестабильности. И вот в последний момент мы спустили ноги... и ощутили дно. Что это? Случайная подводная скала? Или отмель желанного острова стабильности, о котором так много говорилось в последнее время?»

Совершенно ясно, что, если ядра с номерами 110—114 окажутся действительно стабильными, из них удастся создавать новые, необычные вещества. И тогда можно будет подумать также о том, как извлечь из таких ядер энергию.

А пока идут эксперименты, сложные и тонкие, мысль теоретиков забегает еще дальше: а не существует ли другая, более плотная фаза ядерного вещества? Первые теоретические расчеты, проведенные академиком А. Мигдалом и членом-корреспондентом В. Галицким, показывают, что не исключено существование другой, устойчивой формы ядерного вещества, с плотностью в два-три раза большей, чем в обычных ядрах. Обнаружение фазовых переходов в ядрах привело бы к открытию совершенно новой области ядерной физики.

Количество энергии, скрытой в земных запасах тяжелых делящихся элементов — уране и тории, — в несколько десятков раз превышает энергию нефти, угля и газа. Но, оказывается, гораздо большие запасы ядерной энергии заключены в легких элементах. Легчайшие элементы — водород и литий также могут стать источниками энергии, но не в ходе реакции деления ядер, а в процессе прямо противоположном — слиянии легких ядер в более тяжелые.

Интересно отметить, что еще 1 мая 1862 года в Лондоне, в день открытия Всемирной выставки, газета «Таймс» опубликовала прогнозы развития человечества на сто лет вперед. Самым нереальным и несерьезным казалось предсказание, что через сто лет человечество сделает страшное открытие — способ горения воды, которое будет угрожать жизни на планете.

Велико было бы удивление авторов прогноза, если бы они узнали, что именно это предсказание окажется наиболее точным. Науке нашего времени осталось сделать последние шаги в решении проблемы управляемого термоядерного синтеза, в ходе которого удастся

«сжигать» воду ради энергии, а точнее говоря, сжигать термоядерное горючее, содержащееся в воде, — тяжелый водород, дейтерий.

Но даже самая «необузданная» фантазия футурологов прошлого не могла себе представить масштабов нового источника энергии — из одного литра воды можно получить столько же энергии, как при сжигании 300 литров бензина. Что же касается угрозы для жизни на Земле, создаваемой этим открытием, то к термоядерной энергетике эта часть прогноза отношения не имеет. Сама по себе термоядерная реакция не дает радиоактивных отходов. К тому же в термоядерном реакторе в принципе исключается возможность саморазгоняющейся реакции, подобной взрыву водородной бомбы.

На Земле запасы термоядерной энергии огромны. Ведь в принципе все легкие элементы могли бы синтезироваться в элементы из середины таблицы Менделеева, выделяя при этом энергию. Однако легче всего (а если точнее, относительно легко) идут реакции синтеза между тяжелыми изотопами водорода — дейтерия и трития. Но даже эти реакции не так-то просто осуществить. Для синтеза ядер дейтерия нужна температура около одного миллиарда градусов, а для синтеза дейтерия с тритием — не меньше 100 миллионов.

В этом и состоит главная трудность. Во-первых, нагреть вещество до таких температур само по себе не просто. Во-вторых, при таких температурах любое вещество превращается в плазму — газ из электронов и полностью ионизированных атомов, — обладающую необычайно высокой теплопроводностью. Плазма же мгновенно отдает свою тепловую энергию стенкам камеры, в которой она содержится.

«Нагреть в замкнутом контейнере плазму до миллионов градусов — это то же самое, что вскипятить воду в стакане изо льда», — очень метко заметил известный советский физик профессор Д. Франк-Каменецкий.

Главная стратегическая задача термоядерного синтеза — нагреть плазму примерно до 100 миллионов градусов и удерживать вне контакта со стенками столько времени, чтобы успело прореагировать достаточное количество вещества. Наиболее удобной характеристикой является, однако, не время удержания плазмы, а произведение времени удержания на ее плотность — так называемый параметр удержания. Действительно, в бо-

лее плотной плазме скорость реакции больше, поэтому время удержания для нее может быть меньше, и наоборот. Так, для смеси дейтерия и трития это произведение должно быть не менее 10^{14} сек$\times$см$^{-3}$. Другими словами, при плотности частиц около 10^{14} в одном кубическом сантиметре (это в сотни тысяч раз меньше, чем плотность воздуха) время поддержания высокой температуры должно превышать секунду.

Основная идея удержания и термоизоляции плазмы с помощью магнитных полей была высказана советскими учеными почти 25 лет назад.

Идея магнитной термоизоляции плазмы чрезвычайно проста. Из школьной физики известно, что заряженная частица (а плазма состоит из заряженных частиц — электронов и ионов) не может двигаться поперек магнитной силовой линии. В однородном магнитном поле частица будет закручиваться вокруг силовых линий. Так что если создать систему замкнутых магнитных силовых линий, то в принципе можно удерживать плазму в некотором ограниченном объеме. Существует очень много конкретных вариантов реализации этой идеи.

Когда в 1958 году состоялась II Женевская конференция по мирному использованию атомной энергии, ее назвали «ярмаркой идей»: так много интересных предложений было высказано на ней о путях управления термоядерным синтезом. Но потом наступили тяжелые времена. Появилось столько препятствий, что порой они выглядели непреодолимыми. Были такие периоды пессимизма, когда ученым казалось, будто природа принципиально исключила всякую возможность управляемой реакции синтеза. И самое главное препятствие — неустойчивость плазмы.

Первой перспективной программой управляемого синтеза стала советская программа «Токамак». Еще в 1968 году на Международной конференции по управляемому термоядерному синтезу, состоявшейся в Новосибирске, советские физики сообщили, что на установке «Токамак-3» получен устойчивый режим и температура плазмы поднялась столь высоко, что удалось зарегистрировать первые признаки реакции синтеза — термоядерные нейтроны.

За рубежом сообщение было встречено с недоверием. Это, в общем, понятно, так как в течение предыдущих двадцати лет положительные результаты добы-

вались с невероятным трудом и очень часто при дальнейшей проверке не подтверждались. Так было не раз с сообщениями американских и английских ученых. Поэтому неудивительно, что и к советским достижениям отнеслись с изрядным скепсисом. Тогда по инициативе академика Л. Арцимовича в Институт атомной энергии имени И. В. Курчатова были приглашены английские физики со своей аппаратурой, чтобы еще одним независимым методом измерить температуру плазмы в «Токамаке». Их измерения полностью подтвердили результаты советских ученых.

Сейчас ведутся работы по проектированию и созданию крупных установок типа «токамак», отвечающих требованиям так называемого демонстрационного, или испытательного реактора, которые вступят в строй в 1980—1985 годах. А вслед за этими установками уже прорисовываются контуры первых энергетических реакторов.

Другим, если можно так сказать, полярным направлением в попытках решить проблему термоядерного синтеза является метод лазерного нагрева горючего. Идея здесь проста: в фокусе лазерного луча нагреваются твердые или жидкие частички (радиусом около 0,01—0,1 сантиметра) из смеси дейтерия с тритием. Плотность ядер в твердом веществе почти в миллиард раз выше, чем плотность плазмы в «токамаках». А скорость реакции в более плотном веществе выше. Поэтому, если нагреть такую частичку до подходящей температуры, для зажигания смеси достаточно будет всего одной миллиардной доли секунды.

Но, несмотря на идейную простоту «лазерного термояда», здесь еще множество сложных задач.

Есть надежда преодолеть эти трудности, и эксперименты на созданной недавно учеными Физического института АН СССР установке «Дельфин» должны показать, сколь она обоснована. В этой установке 216 лазерных лучей, сведенные в двенадцать мощных пучков, будут нагревать со всех сторон мишень — дейтериевый шарик диаметром в один миллиметр. Под давлением лазерных лучей шарик сжимается так, что плотность вещества повышается. Суммарная мощность лазерных импульсов в установке (10^{13} ватт), как надеются ученые, будет достаточной, чтобы «поджечь» смесь дейтерия с тритием.

Еще один многообещающий способ быстрого нагрева и сжатия термоядерных мишеней состоит в использовании ускорителей релятивистских (движущихся со скоростями, близкими к скорости света) электронов. Как и с помощью лазеров, здесь удается быстро нагреть мишень до 10 миллионов градусов и достигнуть тысячекратного ее сжатия. Эксперименты, выполненные в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова, показали, что таким путем можно достигнуть условий, когда начинает протекать термоядерная реакция.

На примере проблемы термоядерного синтеза наглядно проявляется важнейшая черта современной физики — ее внутреннее единство. Практически любая крупная физическая проблема не изолирована, а тесно связана с множеством направлений и областей физики. Сама по себе задача создания термоядерных реакторов поначалу выглядела как прикладная. Однако затем исследования привели к появлению чисто фундаментальной области — физики высокотемпературной плазмы. Лишь глубокое изучение основ этой области, законов, которым подчиняется горячая плазма (казалось бы, простейшее вещество, незамысловатая комбинация частиц с зарядами противоположных знаков), позволило построить базис для понимания множества физических процессов. Это привело к прогрессу в проблеме термоядерного синтеза. И с другой стороны, дало возможность разобраться в природе многих астрофизических явлений как в ближнем, так и в дальнем космосе.

Плазма встречается в космосе повсюду. Уже на первом этапе исследований ближнего космоса советскими автоматическими станциями были обнаружены потоки солнечной плазмы — солнечный ветер. Это дало основание именно с позиций физики плазмы взглянуть на многие процессы, происходящие на Солнце. Достаточно стройное и логичное объяснение получило, например, такое важное и интересное астрофизическое явление, как солнечные хромосферные вспышки. Измерения с помощью приборов, вынесенных в космос, показали, что во время вспышек возникают потоки ускоренных частиц — электронов и тяжелых ионов — и выбрасываются сгустки плазмы.

Еще одно крупное открытие, сделанное советской наукой и относящееся к «ведомству» физики плазмы, — радиационные пояса Земли. Энергичные заряженные

частицы, приходящие из окружающего космического пространства, захватываются и удерживаются магнитным полем Земли. Фактически природа поставила здесь гигантский эксперимент по удержанию частиц в магнитной ловушке, очень сильно напоминающий физикам их лабораторные эксперименты по удержанию плазмы в термоядерных исследованиях. Аналогия между динамикой плазмы в лабораторных магнитных ловушках и радиационных поясах Земли помогла установить конкретные механизмы, управляющие поведением частиц в магнитном поле. Удалось создать точные математические модели процессов в радиационных поясах, а также применить полученные знания к другим областям космоса — Солнцу, планетам солнечной системы, межзвездному пространству.

Космическая техника помогает исследовать физические процессы в космосе. В свою очередь, прогресс космической и ракетной техники очень тесно связан с достижениями физики. В частности, будущее космических полетов сильно зависит от успеха в создании новых перспективных типов двигателей — ядерных, ионных, плазменных. А успехи в лазерной технике позволили приступить к разработке и лазерных двигателей для ракет.

За последние годы на другом полюсе исследований — в астрофизике — было сделано немало замечательных открытий, обнаружено множество необычных и загадочных объектов. Это — пульсары, или нейтронные звезды, квазары, рентгеновские источники, реликтовое (остаточное) микроволновое излучение, а также гипотетические «черные дыры». Этому потоку открытий в значительной степени способствовало развитие материальной базы астрофизики. В частности, в нашей стране международную известность получили крупнейшие в мире радиотелескоп РАТАН-600 и 6-метровый оптический телескоп БТА. Возможности наземной астрономии дополняют и расширяют космические обсерватории, подобные тем, что работают на кораблях «Союз» и орбитальных станциях «Салют». Надо думать, и новые открытия не заставят себя ждать.

Но можно смело утверждать, что любое открытие состоится только наполовину, если не найдено объяснение его природы, механизм явлений, не вскрыта связь с уже известными процессами.

И в этом смысле очевиден успех физики, предсказав-

шей и объяснившей многие астрофизические открытия. Так, открытие пульсаров показало, что многое из того, что в принципе может предсказать квантовая механика, на самом деле происходит, реализуется в природе. Разумеется, физика говорила просто об областях с очень большой плотностью вещества, но это может быть только в звездах — ясно, что предельные состояния там легче реализуются, чем в лаборатории. Таким образом, пульсары оказались подтверждением очень глубокой физической идеи о неустойчивости больших гравитирующих систем и устойчивости нейтронного образования с высокой плотностью — нейтронной звезды. Все это предсказывается на основе формул квантовой механики, правомерность применения которой к объектам во вселенной и подтвердилась открытием пульсаров.

Еще один вид небесных объектов был предсказан также на основе физической теории в 1932 году выдающимся советским физиком Л. Ландау. Известно, что светимость звезды обусловлена выделением энергии за счет ядерных реакций в ее недрах, а устойчивое равновесие звезды обязано равенству сил давления горячего газа и излучения, распирающих звезду изнутри, и сил гравитации, стремящихся сжать ее снаружи. Но в конце эволюции звезды источники ядерной энергии иссякают и ничто уже не может предотвратить катастрофического сжатия. Звезда сжимается все быстрее и быстрее. Если масса звезды в несколько раз больше солнечной массы, то при радиусе в десять-пятнадцать километров она становится невидимой и превращается в так называемую «черную дыру». Поле тяготения ее становится столь сильным, что не только частицы, но и свет не могут выйти наружу.

Такая звезда сама по себе ничего не излучает, и, казалось бы, обнаружить ее в космосе нет никакой возможности. И тем не менее, как предположили и обосновали свои предположения советские астрофизики академик Я. Зельдович и доктор физико-математических наук Р. Сюняев, увидеть «черную дыру» все-таки можно. Вот на чем базируются их расчеты, получившие в последние годы всеобщее признание.

Мощным гравитационным полем «черная дыра» неумолимо втягивает в себя межзвездное вещество, которое разгоняется при этом до огромных скоростей. У поверхности «черной дыры» падающее вещество имеет скорость

до 100 тысяч километров в секунду — треть скорости света. При взаимодействии вещества с гравитационным полем выделяется огромное количество энергии — от 10 до 40 процентов полной энергии вещества (вспомним $E=MC^2$, а также то, что полностью энергия выделяется лишь при аннигиляции). Такой процесс падения вещества на поверхность «черной дыры» называется аккрецией. Энергия, выделяющаяся при аккреции, излучается в форме электромагнитного излучения — света или рентгеновских лучей. А это излучение ученые уже умеют регистрировать с помощью средств внеземной астрономии, успешно развивающейся в нашей стране на базе искусственных спутников Земли.

Предполагается, что одна такая «черная дыра» обнаружена. Ею может быть недавно открытый рентгеновский источник Лебедь X—1. Установлено, что этот источник входит в состав тесной двойной пары. Один из членов этой пары — оптический сверхгигант с массой в 25 масс Солнца, а второй — невидимый в оптическом диапазоне компактный объект с массой около десяти солнечных масс. Эта черная «малютка» своим мощным гравитационным полем высасывает из огромного соседа вещество и превращает его в рентгеновское излучение. В области радиусом всего несколько десятков километров происходят грандиозные процессы — за несколько миллисекунд здесь выделяется энергии больше, чем при взрыве 100 миллиардов мощных водородных бомб!

На фоне бурного накопления наблюдательных данных астрофизики сейчас все больше задаются вопросом о том, как рождаются галактики, как рождаются звезды, откуда они берут энергию, как развивается вселенная и, наконец, что с ней было на ранних этапах ее развития. И проблема изучения динамики вселенной неожиданно оказывается связанной с необходимостью развивать квантовую механику, строить единую теорию элементарных частиц и гравитации. Ведь изучение ранней истории вселенной требует хорошего понимания процессов в микромире, поскольку согласно теории так называемого «большого взрыва» вселенная 15—20 миллиардов лет назад была сжата в «точку». Не исключено даже, что все вещество вселенной (примерно около 10^{53} граммов) было собрано в объеме 10^{-13} сантиметра. Чтобы установить правомерность такой теории, необходимо познать свойства вещества при очень высоких

плотностях, намного превышающих даже ядерные плотности. Это невозможно без хорошего понимания природы микромира на субъядерном, а может быть, и более глубоком уровне. Потому что при высоких плотностях уже нет атомов, нет ядер, да и само по себе понятие элементарных частиц уже теряется.

Трудно вообразить себе чудовищно малый объем, в который загнана вся вселенная с ее галактиками, звездами, планетами... Точно так же, как нелегко представить, какая сила могла раскидать вещество на грандиозные расстояния, через которые даже свет пробирается миллиарды лет. Но сам факт способности современной физики поставить задачу о поведении всей вселенной в целом представляет собой великолепную демонстрацию ее могущества.

Далеко вперед ушла за шестьдесят лет советская физика, превратившись за эти годы из лабораторной, сугубо академичной науки в науку, если можно так выразиться, индустриальную. Все больше появляется лабораторий, по размерам и технической оснащенности не уступающих крупным цехам, а огромный Серпуховский ускоритель можно, пожалуй, сравнить с заводом. Конструкция гигантского 6-метрового оптического телескопа БТА весит около 1000 тонн и включает в себя сотни сложных узлов и механизмов, управлять которыми под силу только ЭВМ. Достижения десятков отраслей промышленности, продукция сотен заводов используются сейчас для постановки физических исследований.

И физика, в свою очередь, не остается в долгу перед нашей страной. Атомная энергетика и лазерная техника, миниатюрные электронные микросхемы и гигантские космические корабли, термоядерная энергетика будущего и технологические материалы с новыми необычными свойствами — все это плоды фундаментальных исследований. Изучая глубочайшие свойства материи, являясь выражением высших духовных потребностей человека, физика в то же время раскрывает новые перспективы перед современной техникой и производством, выполняющими задачу построения материально-технической базы коммунизма.


Академик
Н. Мельников
о диалоге человека
с природой

Нет на Земле другого вида человеческой деятельности, более грандиозной по своим масштабам взаимодействия с планетой, чем горное дело.

Самые мощные, самые крупные из когда-либо созданных человеком машин работают в колоссальных карьерах, подземных забоях шахт. Важнейшие достижения человеческого разума в широчайшем диапазоне наук от физики, математики, геологии до биологии и психологии использует горное производство. И подобный размах легко объясним. Ведь непосредственный объект горной науки и техники — богатства земных недр — тот строительный материал, из которого человечество строит здание современности и своего будущего.

Как скоро будет расти это здание? Как удобно, радостно станет в нем жить человеку? В отвечающем на эти вопросы глобальном диалоге «Общество — Природа» горному делу принадлежит особое и одно из главных мест.

Почти семьдесят процентов всего, что производит человечество, зиждется на продукции горного дела.

Горная наука и промышленность сегодня, как никогда ранее, поставлены в центр и технических и социальных проблем. Их успехи определяют богатство, могущество, процветание общества. Добываемые горной промышленностью полезные ископаемые, разнообразные руды металлов, ценные минералы, топливо, строительные и многие другие материалы — основа и сегодняшней индустрии, и материально-технического прогресса будущего.

Природой нашей страны, ее недрами мы, советские люди, вправе гордиться. Множество уникальных месторождений-гигантов — отличительная черта минерально-сырьевых ресурсов СССР. Только на Экибастузском месторождении добывают более 70 миллионов тонн угля. В Кривом Роге и Кустанайской области горно-обогатительные комбинаты дают в год по 30 и более миллионов тонн железной руды. Освоенное на полную мощность Канско-Ачинское месторождение станет выдавать угля столько, сколько его дают сейчас все шахты страны.

Значительны будут достижения десятой пятилетки. В 1980 году следует добывать 790—810 миллионов тонн угля, выплавлять стали 160—170 миллионов тонн. Прибегая к сравнению, столь излюбленному у журналистов,

можно сказать, что продукция лишь этих двух отраслей промышленности — угольной и сталеплавильной, — будучи погруженной в вагоны, образует железнодорожный состав, превышающий по длине наибольшую окружность земного шара в двадцать раз! Таковы зримые масштабы нашего хозяйства. Уголь, железная руда, цемент, сталь, — по объему их производства Советский Союз вышел на первое место в мире.

Грандиозные перспективы освоения природных ресурсов планеты все настойчивей требуют своего мудрого переосмысления на основе прогнозов не только ближайшего, но и далекого будущего.

Навсегда ушли в прошлое те времена, когда человек мог беззаботно черпать свое благополучие из сокровищниц природы, ничуть при этом не заботясь об ее собственном здоровье. Так сложилось, что его технический, инженерный гений всегда опережал мудрость, дальновидность. Привести в соответствие эти два творческих, движущих прогрессом начала в человеке — неотложная задача настоящего ради будущего.

Для горного дела эту историческую задачу можно сформулировать совершенно конкретно: слить воедино заботу о все более масштабном, но полном использовании недр Земли с разумным, бережным отношением к природе.

Выступая на XXV съезде нашей партии, Генеральный секретарь ЦК КПСС Леонид Ильич Брежнев говорил: «...использовать природу можно по-разному. Можно — и история человечества знает тому немало примеров — оставлять за собой бесплодные, безжизненные, враждебные человеку пространства. Но можно и нужно, товарищи, облагораживать природу, помогать природе полнее раскрывать ее жизненные силы. Есть такое простое, известное всем выражение «цветущий край». Так называют земли, где знания, опыт людей, их привязанность, их любовь к природе поистине творят чудеса. Это наш, социалистический путь».

И впервые за всю историю своего существования горное дело в нашей стране со всей строгостью и серьезностью ставит перед собой эту сложнейшую, но поистине благородную задачу: уважительно относиться к природе, никогда не забывать, что человек часть природы и обязан оставлять после своей деятельности земли цветущими лугами и садами. Чтобы увидеть и оценить труд слав-

ного отряда советских горняков, направленный на ее решение, заглянем на современные горные разработки, за чертежные доски проектировщиков и конструкторов, в лаборатории ученых.

...Среди бескрайних степей, лугов, лесов, пустынь, гор на сотни метров в глубину разверзлась земля. Это карьеры — гигантские уступчатые воронки. Мы стоим на поверхности земли, а для работающих в карьере людей — на высоте орлиного полета. Впрочем, людей здесь совсем немного. На широких ступенях-уступах трудятся беспримерные по своим габаритам машины-экскаваторы. От них по конвейерам или линиям железных дорог непрерывным потоком устремилась наверх горная порода. По пологим откосам взбираются мощнейшие автосамосвалы. В их кузовах десятки тонн будущего топлива, металла.

Карьер заметен издалека. Его выдают расположенные рядом, уходящие ввысь, стройные конусы искусственных гор. Это непременные, к сожалению, спутники открытых горных разработок — отвалы. Сюда разнообразные виды карьерного транспорта доставляют так называемые вскрышные пустые породы, которые покрывают пласт полезного ископаемого, загораживают к нему прямой доступ.

Звучат предупредительные выстрелы. И вот карьер замер: остановились все машины, автобусы вывезли за его пределы рабочих. Дрогнула земля. Высоко вверх взвились густые клубы дыма, пыли, куски породы. Взорваны крепкие породы. Те, что не по зубам даже самым мощным экскаваторам. Ветер быстро разметает следы взрыва. Через несколько минут в карьере вновь закипает работа.

Три четверти всех добываемых в нашей стране полезных ископаемых — такова доля открытых разработок. Цифра эта непрерывно растет и будет расти. Из проектных институтов, конструкторских бюро, с машиностроительных заводов на карьеры придет новая, еще более мощная и производительная техника. Шагающие экскаваторы с емкостью ковша более 100 кубических метров, автосамосвалы грузоподъемностью до 200 тонн, целые автопоезда, которые будут перевозить сразу по 500 тонн груза, — эти и другие гиганты побьют рекорды своих же старших «собратьев».

Возможности использовать неограниченные по размерам горные и транспортные машины, более высокая

производительность труда, более полное извлечение полезных ископаемых, малые сроки строительства — специфические особенности карьеров, которыми не обладают шахты.

Помимо неоспоримых технологических, технических и экономических достоинств, открытый способ разработки земных недр имеет социальное преимущество перед подземным. Он полностью освобождает человека от нелегкого подземного труда. Людям, работающим в карьере, одинаково открыты и недра Земли, и ее небо.

Карьер-автомат! Фантазия? Пока да. Но недалеко то время, когда вначале для простых, а затем и для самых сложных условий ученые и инженеры создадут автоматизированные системы горных машин и транспортных коммуникаций, выполняющих все технологические операции в карьере под надзором лишь нескольких операторов.

Но самое главное — автоматизация не просто сокращает число работающих. Она приносит высшую производительность машин в динамично изменяющихся условиях работы шахт и карьеров.

Никогда еще человек так глубоко не открывал Солнцу недра своей планеты. Самые крупные карьеры в нашей стране простирают свои воронки на 300 метров в ее глубину. Совсем скоро будет пройден рубеж полукилометра.

В той же степени вместе с глубиной вырастет необходимость создавать и поддерживать для людей в карьере микроклиматические условия. Естественный ветер уже не сможет рассеивать вредные выхлопы машин и тяжелое «дыхание» обнаженных недр. В оборудование карьеров войдут еще одни рекордсмены техники — сверхмощные вентиляторы. Искусственный ветер из них обеспечит чистоту воздуха даже в самых глубоких карьерах.

Советские горные инженеры проявили настоящую научную дальнозоркость, смело предлагая уникальные проекты добычи руд и угля открытым способом еще в 1932 году, когда мировая практика не знала подобных решений. Доктор технических наук Е. Шешко начиная с 1940 года создает ряд учебных пособий по открытым разработкам. Книги эти немедленно переводят на многие иностранные языки, по ним учатся поколения горных

инженеров у нас в стране и за рубежом. Приоритет нашей горной науки в этом деле несомненен.

Глубоко вспарывая своими могучими орудиями земную твердь, человек не в силах сделать этот процесс совершенно безболезненным для планеты. Зато, познавая суть процессов, на которые он при этом влияет, изобретая новые орудия, он, безусловно, может и должен лишить свое вмешательство отрицательных для природы последствий. К примеру, открытые разработки неизбежно изменяют естественный гидрогеологический режим в земной коре. Искусственное понижение уровня подземных вод — неустранимый процесс при строительстве карьеров. Если неправильно проводить водопонижение, без воды могут остаться окрестные поля, населенные пункты. Поэтому задачу отвода подземных вод решают как задачу разумного управления ими.

Но самое главное, к чему обращено ныне внимание горняков, — как не оставить после себя зияющих пустотой кратеров, безжизненных гор пустой породы.

Сегодня даже средний карьер отнимает около трех тысяч гектаров земельных угодий. Из них на трети площади — мертвые отвалы «бросовой» породы. В масштабе страны, учитывая неуклонное увеличение доли открытых горных разработок, они будут ежегодно нарушать десятки тысяч гектаров плодородных земель.

Заброшенные карьеры представляют крайне неприглядное зрелище, обезображивают ландшафт. Ветер легко и далеко разносит пыль с искусственных холмов. Засоренные этой пылью, лежащие поблизости поля резко ухудшают урожайность.

Возникает досадное противоречие: наиболее эффективный и безопасный для человека открытый способ добычи полезных — именно полезных! — ископаемых наносит и большой урон земле. Осознание ответственности перед будущим призывает к неотложному, действенному разрешению этого противоречия.

Рекультивация — эта благороднейшая и еще очень молодая наука — родилась в среде горняков, биологов, почвоведов. Цель ее: вылечить нарушенную землю, вернуть ей плодородие, сделать ее еще более красивой.

Первую и чрезвычайно ответственную часть рекультивационных работ выполняют горняки. Теперь, в самом начале строительства карьера, перед тем, как в дело вступят мощные экскаваторы, специально оборудован-

ные бульдозеры, скреперы аккуратно, метр за метром срезают тонкий плодородный слой почвы над будущей воронкой. Другие машины не менее бережно укладывают на длительное многогодовое хранение. Так на радость людям рядом с будущим карьером вырастает не очень большая, но совсем уже не мертвая — живая гора. После окончания работ в карьере или по ходу работ сбереженная здесь почва вернет живительную силу взрытой земле.

Необычные до недавнего времени метаморфозы происходят и с традиционными отвалами бросовой породы. Они разительно меняют свою внешность. В проекте на строительство карьера их форму, конфигурацию определяют теперь по советам биологов, почвоведов. Варианты конфигурации самые разные. Например, для возделывания на отвалах сельскохозяйственных культур их нужно выровнять, сделать плоскими. А вот леса, сады, кустарники вовсе не требуют ровной поверхности для посадки. Фантазия, эстетический вкус людей и, конечно, всемогущая техника создают для них просторные, радующие глаз своей оригинальностью, декоративные террасы. Остается превратить воронку отработанного карьера в озеро, водохранилище, пруд для рыболовства. Сделать это очень непросто. Но вполне можно. И безжизненные пространства станут... парками, прекрасными местами отдыха для тысяч людей.

«Испорченную» природу человек, воссоздавая ее заново, по своему усмотрению и вкусу, превратит в славу собственному разуму и труду.

Уже сегодня нас не могут не радовать первые успехи рекультивации. В Подмосковье, Эстонии и Донбассе, на Днепропетровщине и Урале на тысячах гектаров, отобранных когда-то открытыми горными разработками, земельных угодий уже зашумели рощи из берез и сосен, зазеленели кустарники, травы, и, представьте, овес, пшеница! Достались эти успехи нелегко — рекультивация требует немалых затрат и труда и средств.

Земля по-разному хранит свои сокровища. Одни будто выставляет напоказ, лишь слегка устилая покрывалом пустых пород. Другие, напротив, прячет очень глубоко. Располагает их к тому же тонкими, причудливо разветвленными пластами, воздвигает над ними крепчайшую крышу. Поэтому далеко не всякое месторождение выгодно разрабатывать открытым способом.

Более чем на километр устремлены в недра стволы шахт. Современная шахта — настоящий подземный завод. И какой завод. Могучие, при необычайной своей компактности в ограниченном пространстве забоя, горные комбайны без устали крушат пласт угля или породы. Гидравлические и механические стойки крепей надежно сдерживают титаническое горное давление. Вдоль длинных подземных коридоров быстро убегают к стволу шахты ленты конвейеров, неся на себе будущую энергию для тысяч машин, свет, тепло. Наверх уголь поднимают многотонные лифты — скипы. На всем пути угля в шахте к нему не прикоснулась рука человека. И все-таки люди здесь нелишни. Машинисты, наладчики, электрики, ремонтники — эти главные сегодняшние профессии шахтеров в принципе ничем не отличаются от рабочих профессий на земле. Но и управление машинами под землей горняки скоро уступят автоматам.

В благородном деле — освободить человека от необходимости спускаться под землю и там работать — и в практическом и в теоретическом плане советская горная наука и техника всегда занимала передовые рубежи. Вся история советского горного дела — это вехи на пути к созданию «безлюдных» шахт. Трудами члена-корреспондента АН СССР Г. Маньковского, он работал в творческом содружестве с коллективом Уралмашзавода, начиная с 50-х годов создаются первые в мире установки для бурения шахтных стволов. Обычные буровые установки делают скважины небольших диаметров, исчисляемых десятками сантиметров. А здесь ствол шахты диаметром в шесть-семь-девять метров! Так появилась возможность строительства крупнейших шахтных стволов, да еще в сложных гидрогеологических условиях, но «безлюдным» способом! Без подземного труда!

Первые наши угольные комбайны «Донбасс» открывали путь разнообразным машинам, призванным ликвидировать тяжелый труд добычи угля. Сейчас в нашей стране созданы комплексно-механизированные агрегаты для разработки угольных пластов. Они не только резко поднимают производительность труда, но и освобождают человека от тяжелых подземных работ.

Шахта будущего — это прежде всего возросшая в десятки раз производительность труда, автоматизация самых важных технологических процессов, частично или значительно освобождающая горняков от пребывания

под землей. Гармоничное сочетание требований к шахте будущего уже воплощено в обосновании проектов на строительство некоторых шахт в Донбассе и Кузбассе.

Горная наука представляет собой своеобразный мост — с одной стороны, она изучает природные условия месторождений полезных ископаемых с соответствующими теоретическими выводами и обобщениями, продолжая геологию как науку, а с другой — вбирает в себя достижения фундаментальных наук — математики, физики, химии, биологии, смежных технических наук — для использования их в горном деле. Это очень ярко иллюстрирует геотехнология, которая заслуженно привлекает все большее внимание.

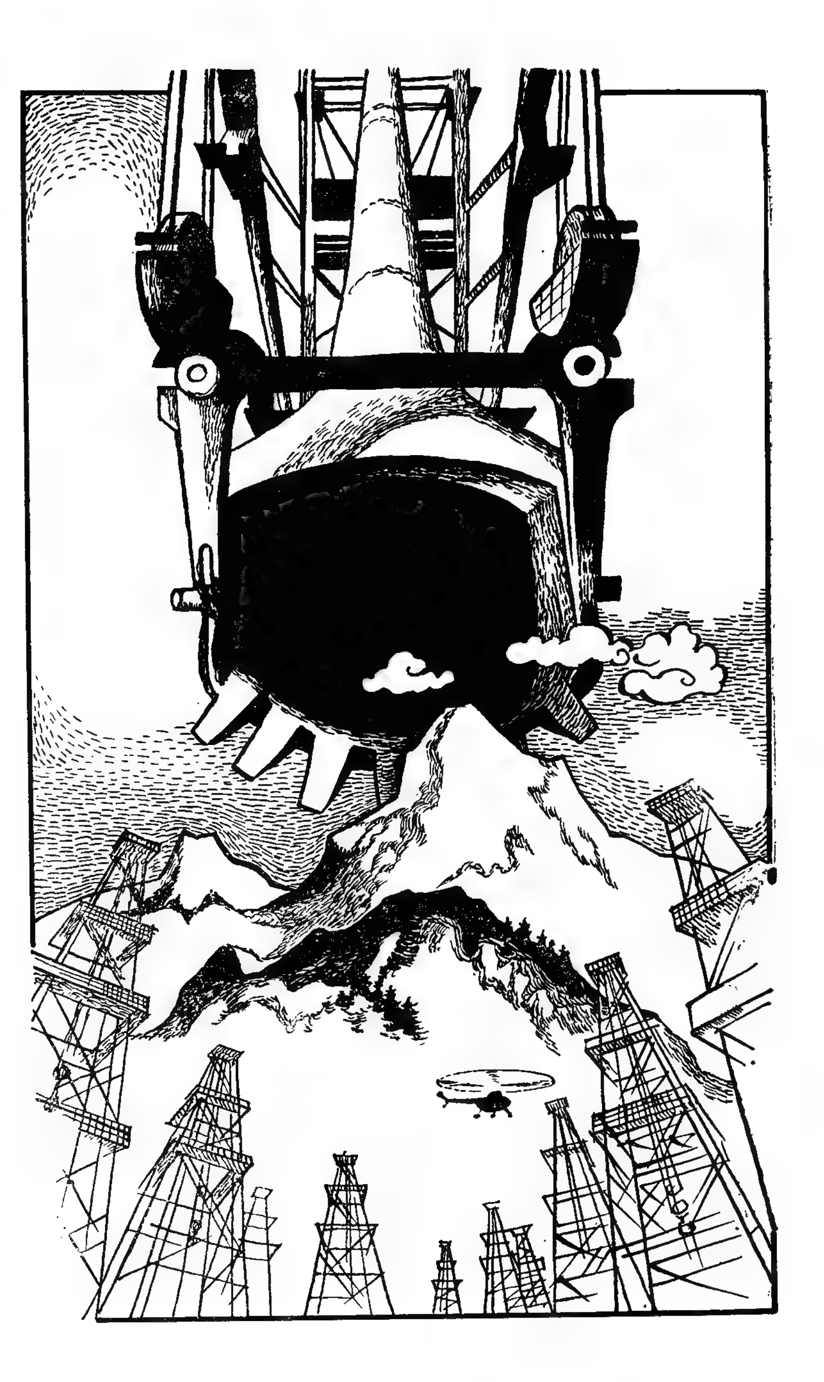
Геотехнология — и новое слово, и очень молодое направление горной науки, техники и горного производства.

Объединение слов «гео» и «технология» в названии новой науки отнюдь не случайно. Идея геотехнологических способов заимствована у самой природы. Поясним это примером.

Существует множество так называемых гидротермальных месторождений: золота, руд черных и цветных металлов, многих других полезных ископаемых. Образование подобных месторождений связано с остыванием, затвердеванием магмы. Ее газы и пары постепенно переходили в горячие водные растворы, поднимались по трещинам к земной поверхности. По пути их следования благодаря понижению температуры и давления из растворов испарялись, выделялись тяжелые металлы в виде сульфидов, окислов, даже в самородном виде.

Так образовались некоторые месторождения золота, железных руд Урала, полиметаллов Алтая и Казахстана.

Геотехнология вторит природе. С той разницей, что процессы в недрах, подобные природным, моделирует и управляет ими человек. А идут они в выгодном для него обратном порядке. Воздействуя на месторождения разнообразными растворителями или иными носителями энергии, извлекают полезные элементы из руд прямо в недрах. Эти искусственные, заново созданные магматические растворы транспортируют на поверхность. Естественные геологические превращения стали прототипом, орудием необычной технологии.



Новое направление горного дела расширяет наше традиционное представление и о самом полезном ископаемом. Это уже не только черные, цветные и благородные металлы, горючие ископаемые, но и тепло Земли во всех его проявлениях, подземные пресные воды, редкие и рассеянные элементы, скрытые в геотермальных водах, полезные элементы из рудничных, нефтепромысловых и других промышленных стоков.

Ближайшее и активнейшее окружение геотехнологии — геология, химия, теория обогащения и гидрометаллургия, микробиология.

Геотехнология, как наука, лишь вступает в пору становления. Но уже сегодня она раскрывает перед учеными богатство своих оригинальных и необычайно естественных методов.

Общий принцип всех геотехнологических способов добычи ископаемых основан на том, что прямо на месте залегания, то есть в недрах, их переводят в подвижное состояние: раствор, расплав, пар, газ, гидросмесь. В таком состоянии они уже пригодны для транспортировки через скважины на поверхность. Для этого в месторождение подают так называемые рабочие агенты — теплоноситель, растворитель или окислитель. С их помощью идут в недрах земли тепловые, массообменные, химические или гидродинамические процессы.

Как в каждом конкретном случае легче и полнее достать полезное ископаемое? Геотехнологи выбирают из множества уже опробованных способов, совершенствуют их, ищут новые, все более эффективные.

Необычайно разнообразны объекты теплофизического воздействия — это сера, тяжелая нефть, битум, озокерит — горный воск. Здесь под землю уходит горячая вода, пар или электрический ток, а из скважины на поверхность поступает расплав ценнейших продуктов. Иногда не возникает необходимости даже в искусственном носителе тепла. Помогает изобретательность человека, подчиняющего себе силы самой природы. На вулканогенных — рожденных вулканами — месторождениях Камчатки и островов Курильской гряды серу можно выплавлять, используя тепло Земли. Горячие подземные воды и пар, которых там достаточно, умело подводят к залежам серы. После этого остается лишь поднять расплав на поверхность. Экономичность способа не требует комментария. В два раза дешевле по сравнению с

обычным шахтным методом будет и подземная выплавка озокерита.

Насос, вода, скважина — вот и все, что нужно для гидравлического способа. Направляя через скважину высоконапорные струи воды, размывают, измельчают рыхлые отложения горных пород и поднимают на поверхность гидросмесь полезного ископаемого. Так, прямо через скважины, можно добывать ценные сорта глины, фосфориты, золотоносные пески.

Огромные перспективы гидравлических способов открыл анализ горно-геологических особенностей залегания месторождений морского и океанического дна. Они станут ключом к подводным кладовым янтаря, золота, фосфоритов, марганцевых руд и бокситов, кварцевого песка.

Забрать сокровища недр, скрытые сотнями метров вечной мерзлоты, еще одна важнейшая задача скважинной гидродобычи. Задача очень непростая. Ведь вечная мерзлота — часть экосистемы. Нарушать ее опасно. Но молодая наука предлагает такую технологию, по которой можно оттаивать только золотоносный пласт, практически не нарушая самой мерзлоты. А значит, и природного равновесия.

Широко предоставила природа и объекты для гидрохимических способов — растворением массива солей разнообразнейших металлов водой и подъем рассолов на поверхность. Иногда необходим более сильный растворитель. Водными растворами кислот, щелочей, их активных солей можно выборочно выщелачивать даже очень небольшие, разбросанные далеко друг от друга вкрапления ценных минералов. Никакие другие, традиционные способы добычи для этого не пригодны. Обогащенный раствор откачивают, извлекают из него чистейший металл. Так добывают многие цветные и редкие металлы, в том числе медь и уран.

Возможность тонкого, селективного выщелачивания полезных элементов возвращает к жизни даже самые бедные месторождения с самой причудливой структурой, которые ранее считались полностью непригодными к отработке.

Плод содружества геотехнологов и микробиологов — оригинальный биохимический способ — бактериальное выщелачивание. Он использует уже живую силу — биологически активные растворы.

Многие организмы способны накапливать те или иные элементы. В Японии даже разводят моллюсков, которые извлекают из морской воды столь же редкий в природе, сколь и необходимый в промышленности ванадий. Эти крохотные существа накапливают его в концентрациях, вполне удобных для промышленного извлечения.

Стал известен и другой интереснейший факт — в глубоких геохимических изменениях поверхностной зоны земной коры заметную роль играют, казалось бы, безобидные поровые растворы. Это вода, заключенная в микротрещинах — порах горных пород. Поровые растворы — экологическая ниша для существования и жизнедеятельности самых разных микроорганизмов. Каждый литр порового раствора может содержать почти пятьдесят граммов чистого железа. Их «накопили» здесь, развивая бурную жизнедеятельность, бактерии.

Опять же можно повторить природные процессы. Выщелачивание цветных металлов из руд слабыми растворителями, но в присутствии специальных бактерий идет в несколько раз быстрее, чем обычное химическое. Живые силы ускоряют выщелачивание, делают его более полным.

Совсем недавно проведены первые полупромышленные испытания бактериального выщелачивания никеля, меди и других полезных компонентов из забалансовых, «бросовых» руд Кольского полуострова.

Некоторые полезные ископаемые — битум, озокериты — бывает выгодно растворять органическими реагентами. При органохимическом способе извлечения обогащенный раствор поднимают на поверхность насосами.

Наконец, термохимический способ — подземная газификация, или возгонка, угля и сланцев. Сжигать горючее ископаемое прямо под землей и поднимать на поверхность уже продукты горения — горючие газы — идея не новая. Ее высказывал еще Д. Менделеев. Но в самое последнее время геотехнологами предложены новые интересные варианты.

Неспециалистам горного дела геотехнологические методы могут показаться несколько усложненными. На самом деле опасения совершенно напрасны. Практика убедительно показывает простоту геотехнологических способов добычи. Они не требуют незаменимых для шахт и карьеров колоссальных по своим габаритам

и мощности машин. Вместо могучих проходческих комбайнов, механизированных крепей, самых крупных в мире машин-экскаваторов, электровозов, самосвалов, сложнейшей сети автомобильных и железных дорог, циклопических дробилок — буровые станки, тепловые установки, химическая аппаратура. Эта замена не только упрощает процесс добычи, но уменьшает себестоимость добычи и капитальные вложения.

Простота и экономичность геотехнологии открывает принципиально новые возможности: разрабатывать месторождения с бедными рудами, брошенные или отработанные обычным способом участки месторождений. Даже металл из старых шахтных и карьерных отвалов экономически выгодно извлечь так называемым кучным выщелачиванием. А ведь такие отвалы — они считались практически пустыми—есть на любом горном предприятии.

Новая технология уменьшает энтропию Земли, «распыление» ее природных ресурсов. Нет нарушений поверхности плодородных земель, нет пыли, вредных отходов, терриконов и отвалов, отбирающих большие площади земельных угодий.

«За» голосует и экология. Заимствованные у самой природы новые способы ничуть не нарушают естественного равновесия окружающей среды. Мало того, извлекая полезные элементы из промышленных стоков, они одновременно упрощают проблему очистки вод.

Геотехнология решает и важнейшую социальную задачу — она не оставляет человеку под землей никакой работы. По условиям работы геотехнологическое предприятие скорее всего похоже на большую промышленную лабораторию.

Конечно, нельзя считать, что геотехнология уже пришла на смену традиционным шахтам и карьерам. Пока она лишь набирает силы, расширяя свою область применения. За сравнительно короткий срок в нашей стране получены важные научные и практические результаты для развития геотехнологических методов. Какова же география ее успехов?

За девятую пятилетку вдвое увеличилась добыча солей растворением через скважины. Продолжительный опыт подготовил новый плацдарм. Речь уже идет о подземном растворении калийных солей, бишофита, руд разнообразных металлов.

В районах Прикаспийской впадины и в Туркмении на глубинах,затрудняющих даже подземный способ разработки, лежат практически неограниченные запасы калийных солей. Это, можно сказать, первичный хлеб. Только накормив им поля, человек получает хороший урожай хлеба настоящего. Освоение месторождений лишь Волгоградской области и Туркмении создаст новую мощную базу калийной промышленности, базу плодородия.

На территории Нижнего Поволжья впервые в мире начата промышленная добыча бишофита методом подземного выщелачивания.

Бишофиты — ценнейшее полезное ископаемое, содержащее хлористый магний. Эта легкорастворимая соль — лучшее сырье для получения металлического магния, его окиси, хлора, а также различных магнезиальных вяжущих и ряда химических, медицинских препаратов. Кроме того, бишофит содержит брома в десять раз больше, чем любое другое сырье, используемое сегодня для его получения.

Громадные подземные камеры образуют растворение мощных солевых отложений. Пустовать они тоже не будут. Здесь предполагают хранить запасы нефти и природного газа. В строительстве подземных хранилищ мы крайне заинтересованы.

С недоступных традиционным способам глубин на Яворовском и Гаурданском месторождениях подземной выплавкой ежегодно добывают уже сотни тысяч тонн самородной чистейшей серы.

Интересно, что строительство Яворовского рудника подземной выплавки серы было начато в 1970 году, а полученная за один 1975 год прибыль полностью покрыла все капитальные затраты. Для сравнения: удельные капитальные затраты на строительство поблизости обычного карьера и комплекса переработки серной руды были в несколько раз выше. Соответственно тому и срок окупаемости. В этом огромном научном и промышленном опыте самое важное то, что в ходе его создана техника и технология для применения геотехнологии и на других месторождениях.

У подземной выплавки серы большое будущее. Ученые изобретают и испытывают новые ее варианты. К примеру, способ выжигания. Сероносный пласт поджигают. Изменяя количество подаваемого по скважи-

нам в зону горения воздуха, управляют скоростью и объемом горения. За счет сгорания незначительной части серы идет расплавление всего массива и поступление его к обычным скважинам.

Первые промышленные успехи и достигнуты за девятую пятилетку в подземном выщелачивании. Опытную проверку прошла подземная выплавка битума, озокерита, асфальтита, возгонка ртути, даже подземный обжиг железной руды. Опробована гидродобыча через скважины строительных песков, рыхлых руд металлов.

В Ленинградской области методом скважинной гидродобычи извлечены десятки тысяч тонн фосфоритной руды. Главное — толща пород, покрывающих рудоносный пласт, остается при этом на своем месте, нетронутой.

На повестке дня подводная гидродобыча золотых россыпей, марганцевых руд, бокситов, строительных материалов.

«Чистая» энергия — тепло Земли — пожалуй, самое важное из нетрадиционных полезных ископаемых, овладеть которым поможет именно геотехнология.

Проблема создания подземных тепловых котлов очень живо обсуждалась на протяжении последних лет. Сама по себе идея использования подземного тепла нашей планеты не нова. Но ее практическое воплощение наталкивалось на серьезные препятствия. С одной стороны, это ограниченные возможности проникновения в глубины земных недр. С другой — теплопроводность горных пород близка к теплопроводности чуть ли не пробки, то есть это просто-напросто отличный теплоизолятор. Поэтому и приток тепла к любому устройству, отбирающему подземное тепло, быстро прекращается. Принцип же создания тепловых котлов должен быть таким, чтобы работал он в течение пятнадцати — двадцати пяти лет.

Первые попытки хозяйственного использования тепла Земли относятся еще к заре цивилизации. Но лишь в начале нашего века стало возможным его промышленное освоение. Касалось оно, правда, самого простого — горячих вод, которые в некоторых районах планеты обильно выходят на поверхность. Масштабы геотермальной энергетики, несмотря на более чем полувековую историю развития, пока весьма скромные. Глубинное тепло недр не взять «ленивыми» способами.

Сегодня специалисты рассматривают тепло Земли

как вполне правомерный элемент энергетики будущего.

Геотермические ресурсы энергии представлены двумя основными типами, резко отличными по условиям извлечения, распространению и запасам тепла. Во-первых, это природный пар, термальные воды и паро-водяные смеси, во-вторых, тепло «сухих» горных пород, аккумулированное ими на больших глубинах.

Учеными подсчитано — месторождения горячих вод и пара, разведанные в нашей стране до глубин трех-четырех километров, помогут ежегодно экономить примерно 45 миллионов тонн топлива.

Запасы тепла «сухих» горных пород вообще практически неисчерпаемы и распространены повсеместно. Только на первых восьми километрах глубин земной коры в пределах суши они в тысячи раз превосходят тепловой потенциал мировых запасов всех видов топлива и термальных вод вместе взятых. Отметим: скважины достигли девятикилометрового рубежа глубины. А выгодными системы отбора подземного тепла, как показал анализ их экономико-математических моделей, будут даже при глубинах котлов в три-четыре километра. На этой глубине практически везде обычную холодную воду можно нагреть до шестидесяти-девяноста градусов Цельсия. В районах с благоприятными геотермическими условиями — выше ста.

Главная трудность извлечения тепла Земли — создание самих подземных тепловых котлов, то есть больших и хорошо проницаемых для воды, пронизанных сетью трещин подземных зон. Чем больше трещин, тем больше проницаемость пород, образующих котел, тем легче и полнее они будут отдавать свое тепло воде. Чаще всего достаточную сеть трещин необходимо будет создавать искусственно — серией мощных камуфлетных взрывов, гидроразрывом, термическим разрушением или комбинацией этих методов.

Ленинградским горным институтом совместно с Институтом технической теплофизики АН УССР разработана первая опытно-промышленная система для одного из приисков в Магаданской области. На расстоянии друг от друга чуть более полукилометра бурят две скважины. Их глубина — три с половиной километра. Серией мощных камуфлетных взрывов между ними создают зону искусственной проницаемости — сам подземный тепловой котел. По одной скважине нагнетают холод-

ную воду. Она проходит через трещины в горном массиве и попутно отбирает его тепло. Вторая скважина служит для подъема уже нагретой, горячей воды на поверхность. После очистки в коагуляторе она отдает свое тепло, проходя через теплообменник. Остывшую воду вновь подают в гигантский подземный котел. Вода циркулирует непрерывно.

Использование подземного тепла для оттаивания мерзлых песков и других технологических нужд позволит прииску добывать золото круглый год. Причем в течение всего срока разработки россыпи. Затраты на такое тепло в два с половиной раза меньше, чем на обычное привозное топливо. Система окупит себя уже в первые годы эксплуатации.

Что интересно, геотехнологические системы извлечения тепла Земли весьма перспективны для предприятий по добыче полезных ископаемых другими, но тоже геотехнологическими способами, например, выщелачиванием медных руд, солей, подземной выплавкой серы. Здесь геотехнология может перейти, так сказать, на самообслуживание.

Природа сама подсказала основные принципы геотехнологии. А точнее, их подсмотрел человек. Наверняка стоит поискать у нее новые, может быть, какие-то совсем необычные модели будущих технологических процессов.

У геотехнологии большие проблемы, но и большое будущее. Уже в десятой пятилетке этот способ окажет существенное влияние на увеличение минерально-сырьевой базы. Что касается более далекой перспективы — одиннадцатой и двенадцатой пятилеток — геотехнология, по-моему, выступит на равноправных началах с традиционными способами горного дела — подземной и открытой добычей полезных ископаемых. Дальше как альтернатива им.

В жизни человека, в деятельности предприятия, в истории страны рано или поздно наступает момент, когда необходимо включить внутренний резерв, потенциальные возможности. Такая ситуация сложилась сейчас в горном деле. А резерв у него поистине огромен. Хотя внешне и особенно если судить по названию, значение этого резерва выглядит сомнительным и даже парадоксальным — это пустые, бросовые породы. Но парадокса здесь никакого нет.

Пустой породы не бывает. Когда говорят о горной породе, слова — пустая и никчемная — не взаимозаменяемы. Никчемной породы вообще не может быть. Как не может быть, например, жидкого дерева. Пустые породы — это не более как технический термин. Горы так называемых пустых пород, которые складывают вокруг себя карьеры и шахты, — это тысячи тонн разнообразных веществ.

Практически любое месторождение полезных ископаемых — комплексное. Например, в железной руде часто присутствуют титан, ванадий, кобальт, медь, цинк. Полиметаллические месторождения в различных пропорциях содержат олово, никель, вольфрам, молибден, редкие металлы. Попутные компоненты нефти — газ, сера, йод, бром, а газовых месторождений — конденсаты, гелий, азот. Ископаемые угли богаты колчеданом, германием, глиноземом. Это все лишний раз напоминает, что природа (и порода!) не терпит пустоты. Позаботившись о богатейшей, разнообразной наполненности своих месторождений, она как бы сама подсказывает человеку комплексное использование своих богатств.

У нас в стране в комплексном использовании минерального сырья достигнуты немалые успехи. На предприятиях цветной металлургии попутно производят почти все серебро, висмут, платину, около тридцати процентов серы, десять процентов цинка, свинца, меди. Освоено извлечение из полиметаллических руд индия, галлия, селена, теллура, кобальта и других ценных элементов.

Строительные материалы, цемент, известь, стекло, силикатный кирпич, огнеупоры и даже сырье для фарфоро-фаянсовой и бумажной промышленности — вот во что можно превратить породу мертвых отвалов и терриконов. Главным же направлением для использования вскрышных пород следует считать производство строительных материалов, дорожное строительство. Потребность в таких материалах огромна во всех районах нашей страны, а себестоимость их при попутной добыче гораздо ниже, чем на специализированных предприятиях. Это избавит нас от злополучных отвалов, сбережет тысячи гектаров пашни.

Опыт показывает, что комплексное использование минеральных ресурсов дает большой экономический эффект. Сокращать потери минерального сырья — это то

же самое, что расширять сырьевую базу. Чем меньше «лишнего» мы будем брать у природы, тем меньше станет и энтропия ее ресурсов. Более полная, безотходная переработка полезного ископаемого немедля отзывается улучшением окружающей среды, плодородием земли, чистотой рек и озер.

Для технического образования вообще и горного образования в частности имеют важное значение знание истории науки и техники. История горной науки прививает любовь к специальности, глубокое ее понимание, расширяет кругозор инженера.

Универсальны знания горного инженера. Такой специальностью нельзя не гордиться.

Почти полвека назад я связал свою судьбу с горным делом. На развитие горной техники и передовой горной промышленности оказала огромное влияние горная наука, созданная в основном в годы Советской власти. Становление и развитие горной науки именно в нашей стране отнюдь не случайно. Где уж было заботиться о подчас нечеловеческих условиях труда горняков, разумном, а не варварском использовании богатств при капитализме.

Судьба даровала меня возможностью трудиться рядом со многими выдающимися горными инженерами и учеными. И как ни различны эти люди по своему воспитанию, характеру, сфере деятельности, их объединяет общая черта. Это любовь к Родине и стремление служить народу. Коллективный характер современной научной деятельности требует от человека высоких моральных качеств, не только личной, но, главное, государственной заинтересованности в успехе работы, патриотизма. Только сочетание личного и коллективного на принципах коммунистической морали создает здоровые условия для успешной работы. Только научное бескорыстие, товарищество, уважение коллектива, горячее желание служить Родине, народу приносят успех, удовлетворение и оставляют добрую память о людях.

Судьба многих известных деятелей горной науки и техники неразрывно связана с жизнью народа, с достижениями и успехами страны.

Учеником слесаря начинал работать Александр Федорович Засядько, впоследствии министр угольной промышленности СССР. Все наиболее важные этапы его жизненного пути полностью совпадают с важными веха-

ми жизни всей страны. Он руководит крупнейшими угольными комбинатами, под его руководством конструируют угольный комбайн «Донбасс», резко облегчивший тяжелый труд. Он исследователь, организатор, государственный деятель, автор капитальных трудов. Вот один лишь эпизод его жизни. После войны А. Засядько руководит восстановительными работами в Донбассе. Шахты Донецкого бассейна обрели новую жизнь менее чем за пять лет. Чтобы восстановить шахты бассейнов Нор и Па-де-Кале, Франции потребовалось двадцать лет! Хотя объем разрушений был там меньше в пять-шесть раз.

Более чем двадцатилетняя деловая дружба связывала меня с крупнейшим геологом нашей страны и замечательным человеком, академиком Канышем Имантаевичем Сатпаевым. Когда Казахский филиал АН СССР был реорганизован в самостоятельную Академию наук Казахской ССР, ее президентом избрали К. Сатпаева. Только Советская власть могла создать все условия для организации Академии наук в краях, где до революции образование «умещалось» в рамках двухклассных школ.

Советские горняки горды тем, что в их семье возникло стахановское движение — 31 августа 1935 года забойщик Алексей Стаханов за шесть часов выдал 102 тонны угля, в четырнадцать раз больше, чем было предусмотрено нормой. От этого дня отсчитывает начало славное движение стахановцев — высшая форма соревнования в довоенный период. Оно и ныне служит примером для советских людей, стремящихся работать по-стахановски, по-коммунистически. Когда исполнилось сорок лет со дня начала стахановского движения, газета «Правда» писала: «Подвиг горняка Алексея Стаханова, который дал имя всенародному движению ударников, стал символом творческого дерзания и трудовой доблести».

С 50-х годов нашего столетия, с наступлением современной научно-технической революции горная наука проводит свои исследования, применяя методы математического моделирования, ЭВМ, точнейшую аппаратуру. Она рождает новые отрасли знаний.

«Небесная» наука — аэродинамика, созданная для расчета крылатых машин, трудами советских горных инженеров обрела второе рождение и... спустилась под землю. Возникли новые науки — рудничная аэродинамика, рудничная аэрология и газодинамика. Начало им

положил академик А. Скочинский более полувека назад. Подземное царство шахт — это не только породы, пласты угля и залежи руд. Это еще и сложная, динамическая, полная неожиданностей система потоков газа, воздуха, пыли. Безопасность, удобство и производительность труда шахтеров в огромной степени зависят от того, сколь умело мы можем рассчитывать, прогнозировать и управлять «подземной атмосферой». В решениях этих сложнейших проблем советская горная наука держит мировой приоритет.

Соединение достижений физикохимии, минералогии, химии, теории твердого тела привело к возникновению еще одной, принципиально важной и новой науки — гидрометаллургии. Работы в этой области советских ученых под руководством И. Плаксина венчает монография «Гидрометаллургия». Она вышла в 1949 году и до сих пор не имеет себе подобных в мировой научной литературе. А практически гидрометаллургия — это наиболее современные и перспективные способы извлечения из руд и россыпей золота, платины, редкоземельных и радиоактивных элементов.

Одно из важнейших направлений развития горного дела — физика горных пород. И здесь также советские исследователи держат мировое первенство.

Появились новые профессии: горный инженер-физик и горный инженер-геотехнолог. Они должны глубоко знать физику твердого тела (горных пород) и технологических процессов, новые физико-химические методы добычи ископаемых. Становление таких горных инженеров-исследователей начато. И нет сомнений — скоро они будут играть самую существенную роль в развитии науки и промышленности.

Подземные и подводные машины, управляемые с поверхности, атомная энергия, в ряде случаев заменяющая взрывчатку, вибротехника, вибромашины, геотехнология — это тоже ближайшее будущее горного дела.

Горная наука, как и наука вообще, всегда в развитии, в непрерывном обновлении. Она устремлена в будущее, хотя и сию минуту неустанно обогащает практику своими открытиями. По этому поводу замечательная мысль высказана академиком В. Вернадским: «Научное мировоззрение, проникнутое естествознанием и математикой, есть величайшая сила не только настоящего, но и будущего».


Академик
В. Энгельгардт
о проникновении
в тайны
основ жизни

Различные биологические науки исследуют жизнь с разных сторон, под различными углами зрения, на разных уровнях ее организации. Новая, внутренне объединенная в одно стройное целое совокупность подходов к познанию коренных явлений жизни возникла на наших глазах, на протяжении двух-трех последних десятилетий и получила свое оформление в качестве новой ветви биологических дисциплин — молекулярной биологии.

Парадоксальным образом молекулярная биология изучает явления жизни, оперируя неживыми, лишенными жизни объектами. Казалось бы, тут заметно серьезное внутреннее противоречие, однако огромный накопленный за последние годы опыт неопровержимо свидетельствует: важнейшие проявления жизнедеятельности — такие, как наследственность, движение, превращение энергии, обмен веществ и многое другое, — могут исследоваться в простейших условиях, на объектах и системах все более примитивного уровня, вплоть до уровня молекул.

Это новый подход к познанию фундаментальных основ явлений жизни, и определился он со всей полнотой в начале второй половины нашего века, то есть, в сущности, совсем недавно. Годом становления молекулярной биологии принято считать 1953 год — год расшифровки молекулярого строения «вещества наследственности»: знаменитой теперь двуспиральной структуры ДНК.

Впрочем, естественно, наука наша не явилась на голом месте, подобно «богу из машины» в древнегреческом театре. Она выросла из усилий десятков замечательных исследователей, работавших в области генетики, цитологии, биохимии и т. д. Здесь нет необходимости заниматься перечислением имен — достаточно назвать выдающегося советского биолога Николая Константиновича Кольцова. Уместно назвать именно его, потому что его идеи и его научные представления имеют самую тесную связь с тем, о чем будет идти речь.

Здесь хотелось бы показать, что уже давно возникли представления о важности изучения биологических макромолекул, о возможности, исследуя их, открыть особые, специфические стороны такого многообразного и сложного явления, как жизнь.

О молекулярных механизмах наследственности Н. Кольцов заговорил на третьем съезде зоологов нашей

страны. А было это ни много ни мало пятьдесят лет назад: в декабре 1927 года! Правда, в ту пору гипотеза Н. Кольцова, опиравшаяся на его богатейшие знания и мощную интуицию, со стороны могла показаться — да большинству, наверное, и показалась! — не более чем красивой догадкой.

Но уже в 1934 году Н. Кольцов убежден: «В основе каждой хромосомы лежит тончайшая нить, которая представляет собой спиральный ряд огромных органических молекул — генов. Возможно, вся эта спираль является одной гигантской длины молекулой».

Н. Кольцов развивает и представления о превращениях, которые происходят с молекулой-хромосомой, и о том, какой важный биологический смысл эти превращения имеют: «При размножении клетки и хромосомы эта спиральная молекула делится продольно, или, точнее, на нее накладывается под влиянием сил кристаллизационного сцепления второй такой же ряд генов...»

И главная мысль работ Кольцова: каждая наследственная молекула — из молекулы же. Теперь мы знаем, что Кольцов был прав — он почти во всех чертах сумел провидеть, сформулировать основные закономерности в организации механизма наследственности.

Исследователи моего поколения — и это вполне понятно — с особой отчетливостью осознают волнующую новизну, необычность и даже дерзость многих нынешних проблем, замыслов, экспериментов, которые теперешней научной молодежью воспринимаются нередко как обыденные, порой даже как рутинные.

Мне довелось начинать свой путь в науке в 1921 году, в Институте биохимии, который явился одним из первых специализированных научных центров, созданных молодой Советской властью. Пробирки, аналитические весы и калориметр с самодельным оптическим клином — вот и все, чем я тогда располагал. Но дело не в технической оснащенности — естественно, что она кажется скудной на современный взгляд. Хочется сказать о другом. В ту пору нас волновали те же проблемы, что и теперь: что такое живая материя, как устроена и работает клетка, что такое наследственность. Но как же далеко мы ушли с тех времен в понимании этих проблем! Словно в науке минуло несколько исторических эпох.

Тогда, в начале двадцатых годов, белки — великое

разнообразие белковых молекул — безраздельно царили на сцене жизни. Белок был единственным главным героем в представлениях биологов.

То время можно назвать до-нуклеиновой эпохой. Но в середине сороковых годов она кончилась: нуклеиновые кислоты заняли свое место рядом с белком на авансцене жизни. А еще через десять лет был расшифрован генетический код — и этим молекулярная биология заявила о себе как о самостоятельной научной дисциплине.

Очень многое должно было произойти и действительно произошло за пять с лишним десятилетий, чтобы стали азбучными истинами открытия, которые в свое время были прорывом за грань неведомого. Странно вспоминать, но в 1921 году институт биохимии, даже сам термин «биохимия», «биологическая химия» — это было для того времени и ново, и достаточно необычно.

И все же связь времен гораздо теснее, чем кажется на поверхностный взгляд. Вспоминая Кольцова, с которым в те годы доводилось встречаться нередко, поскольку мы работали в институтах, расположенных по соседству, видишь это особенно наглядно.

Итак, мир молекулярной биологии. Мир гигантских молекул, участвующих в процессах жизни. Такая расшифровка понятна, но, очевидно, не слишком-то содержательна. Впрочем, в своих представлениях о нашей науке неспециалисты очень часто не идут дальше этой тривиальной схемы.

Поэтому наш рассказ о свершениях и проблемах молекулярной биологии правильно будет начать с двух наиболее характерных черт этой науки.

Первой из них следует назвать трехмерность — то, что нагляднее всего отличает молекулярную биологию как науку от ее ближайших предшественниц и соратниц. Конечно, во все времена исследователи живой материи отдавали себе отчет в том, что они имеют дело с объемными, трехмерными образованиями. Но обычно эта объемность не имела для них значения. Даже и сейчас биохимику, например, достаточно изобразить на бумаге цепочку уравнений — смысл волнующих его событий будет ясен. Генетику достаточно установить, в каком порядке размещены вдоль нити нуклеиновой кислоты интересующие его гены.

Не то в молекулярной биологии. Она вводит в мир,

где все события разворачиваются обязательно в пространстве, и пространство выступает тут как важнейший участник действия. «Что ж тут удивительного,—может подумать иной читатель. — Все в мире, нас окружающем, существует в пространстве». Это-то верно, но тонкость в том, что в нашем обычном мире нам, по существу, неведомы предметы, которые меняли бы свой облик, свою форму в зависимости от того, какое действие они в данный момент выполняют. Тут, наверное, не помешает несколько примеров. Так, нет железнодорожных вагонов, которые сами бы по себе — согласно внутреннему своему устройству — складывались бы, отправляясь в путь без груза. Нет станков, которые меняли бы свою форму при обработке детали.

А в мире молекулярной биологии такое изменение пространственной конфигурации — обычное дело. Более того, такие перемены конфигурации биологических макромолекул — важнейшее их свойство, благодаря которому они и могут выполнять свои функции. Именно поэтому и можно говорить, что пространство оказывается важнейшим участником действия на молекулярной сцене жизни.

Возьмем классический пример — хромосомы. Теперь уже достаточно широко известно, что хромосомы — особые тельца в ядре клетки, в которых сконцентрировано наследственное вещество клетки, — поразительным образом меняют свою форму в зависимости от состояния клетки. Хромосомы — это святая святых клетки, да и жизни вообще, и они, конечно, должны быть защищены больше любой другой структуры, из которых складывается живая система. Тут возникает некая психологическая аберрация. В согласии с нашими обыденными представлениями защищенность как-то непременно связана с тяжеловесностью, неизменяемостью, своего рода закостенелостью. Поэтому наблюдателя интимных процессов в клетке и поражает та легкость, с которой хромосомы то формируются, собираются в изящные, плотно упакованные тельца, то распускаются, расплетаются на такие тонкие нити, которые даже становятся незримыми в обычном микроскопе.

Но дело в том, что мир молекулярной биологии — это иной мир по сравнению с нашим привычным, здесь другие каноны. Защищенность хромосом достигается иным путем — совместимым с преобразованиями их

формы и состояния. Иначе они не смогли бы выполнять свою задачу: из поколения в поколение передавать наследственные свойства организма.

Уже и в прежние времена исследователи оценивали важность перестроек пространственных конфигураций биологических макромолекул — яркое свидетельство тому содержится хотя бы в цитированных выше словах Кольцова. Однако лишь в наши дни был сделан необходимый упор на изучение фундаментальных основ жизни в объемных понятиях.

И успех не заставил себя ждать. Классическим примером уже стали исследования гемоглобина. Структура гемоглобина, как оказалось, тесно связана, можно даже сказать — порождена его функцией: связывать кислород и в составе эритроцитов крови переносить его из легких в различные ткани организма. Как же реализуется в гемоглобине эта связь структуры и функции?

Пространственная структура гемоглобина возникает в результате взаимодействия четырех субъединиц. Каждая из этих субъединиц представляет собой достаточно законченно сформированный блок. Однако, соединяясь в целое, они образуют не жесткую, неподвижную структуру, а структуру гибкую, меняющуюся, трансформирующуюся. Субъединицы соединяются в пары — пар, таким образом, получается две, и эти две пары создают гибкую, функционально подвижную структуру молекулы.

Когда молекулы гемоглобина выполняют свою работу по переноске кислорода, пары субъединиц то сдвигаются друг с другом, то раздвигаются. При сближении их молекула получает такую конфигурацию, что может захватить атом кислорода, а при расхождении их атом кислорода высвобождается — молекула словно выпускает его из своих объятий.

Объем и конфигурация молекулы ритмично меняются от этапа к этапу — процесс весьма напоминает движения грудной клетки при дыхании, и М. Перутц имел все основания назвать молекулу гемоглобина «молекулярными легкими».

Таков мир, с которым сталкивается молекулярный биолог. Проникновение в этот мир, переход к нему от наших обычных представлений сталкивается с целым рядом трудностей, но он же будит мысль и воображение исследователя. В особенности пространственное вообра-

жение. В сущности, расшифровка генетического кода — открытие, ознаменовавшее собой рождение молекулярной биологии, — было прежде всего подвигом пространственного воображения. Используя данные, накопленные в работах целого ряда исследователей, Ф. Крик и Дж. Уотсон сумели вообразить целостную пространственную структуру — сумели свести воедино, объединить в пространстве множество отдельных деталей так, что представленная ими конструкция, обладающая формой двойной спирали, имела единую организацию и единство действия.

Принцип трехмерности пронизывает область молекулярной биологии от края и до края. Прежде всего он лежит в основе свойств и функций отдельных, индивидуальных молекул биополимеров — нуклеиновых кислот и белков. Позволю себе еще несколько примеров.

Весьма своеобразный тип объемных превращений молекул был выявлен в работах академика Ю. Овчинникова и его сотрудников, которые проводились в Институте биоорганической химии.

В этих работах исследовались химическая природа и механизм действия биологических факторов, обеспечивающих так называемый активный транспорт веществ. Дело тут вот в чем. Согласно закону диффузии вещества обычно передвигаются от мест с более высокой их концентрацией к местам, где их содержание в данный момент ниже. Однако в живой материи множество важнейших функций — например, проведение нервного импульса — основано на переносе ионов в обратном направлении: туда, где их концентрация становится все больше. Это явление и называется активным транспортом. Он обеспечивается действием специальной группы веществ — ионофоров: своего рода «переносчиков», чья роль в жизни клетки, как легко понять, исключительно велика.

Так вот, в работах, о которых идет речь, изучался валиномицин — типичный представитель «переносчиков».

Оказалось, что при одних условиях пространственная форма молекулы валиномицина напоминает закрытый бутон цветка. Но при других условиях молекула буквально преображается: она просто выворачивается наизнанку, словно бутон распускает свои лепестки. В результате этой трансформации и осуществляется активное перемещение — перенос ионов калия через клеточ-

ные мембраны, в построении которых валиномицин участвует. Вот чудесный пример функционального действия, которое координированно захватывает сразу все части молекулы.

Свойства и функции молекул биополимеров — это первый, низший уровень, где реализуется принцип трехмерности. Следующий уровень охватывает все случаи взаимодействия молекул, когда партнеры должны предварительно «опознать» друг друга.

Это взаимодействие белка-фермента и его субстрата — на таких взаимодействиях основаны, в сущности, все процессы обмена веществ в живой материи: расщепление питательных веществ, синтез новых материалов, необходимых для жизнедеятельности, выработка энергии, переработка отходов.

Другой пример — сцепление белка-антитела и чужеродного организму антигена: на этом зиждется иммунная, то есть защитная система, ограждающая организм от проникновения в него чужеродных белков.

Особенно важны и многообразны взаимодействия белков и нуклеиновых кислот. Мы встречаем взаимное сочетание этих партнеров в самых различных случаях. Из них построены хранилища нашей наследственной информации — хромосомы. Из них же состоят рибосомы — эти биологические микрофабрики синтеза белков во всех живых организмах. Те же два компонента участвуют в построении вирусов — широчайше распространенных болезнетворных начал. Белково-нуклеиновое взаимодействие лежит и в основе регуляции активности генов на протяжении сложнейших процессов становления высших организмов: на пути бесконечной дифференциации примитивной зародышевой клетки, в результате чего возникает все многообразие органов и тканей.

Тут, по сути дела, во многих случаях выступает на сцену уже третий уровень принципа трехмерности. И только что упоминавшиеся хромосомы и рибосомы являются уже структурами многомолекулярного строения. В еще большей мере это относится к мембранам, которые пронизывают клетку во всех направлениях и являются такими рабочими поверхностями, на которых, видимо, и происходит большая часть обмена веществ в клетке.

Надо снова сказать, что этот объемный мир требует от своего исследователя умения приспособиться к нему,

умения «войти» в него. Вот пример из совсем недавних исследований.

Нить ДНК представлялась ученым в виде структуры, которая обладает известной жесткостью: эта жесткость не мешает нити плавно изгибаться, но препятствует ей сгибаться, например, под очень острыми углами. Однако в рамках такого взгляда в течение долгого времени не удавалось понять, как нить ДНК организована в пространстве, например, в некоторых очень плотных ее упаковках. Иначе говоря, никак не удавалось объяснить такое несоответствие: малый объем упаковки исключал возможность образования плавно изогнутых петель ДНК, а это, в свою очередь, как будто бы делало необходимым разрыв ее нити и соответственно разрыв непрерывности в записи наследственной информации. Между тем генетический анализ показывал, что таких разрывов в наследственных записях нет.

И вот Ф. Крик, ученый, обладающий богатейшим стереохимическим воображением, смог показать, что нити ДНК (когда она включена в структурную основу хромосом — так называемый хроматин) присущи совершенно неожиданные свойства: шаг ее спирали позволяет ей изгибаться под таким углом, который, казалось бы, запрещен чисто физическими свойствами самой нити. Спираль как бы переламывается, а нить остается в то же время неповрежденной и непрерывность наследственной записи не нарушается. Это, можно сказать, классический пример торжества пространственной организации над чисто механическими свойствами!

Вернемся теперь к началу нашего повествования и назовем вторую характерную черту молекулярной биологии: так называемый принцип редукционизма. Этот принцип утверждает, что познание сложного, в том числе и явлений жизни, может и должно идти через расчленение сложного на его возможно более простые части: они-то в конце концов и становятся фактическим предметом изучения.

При таком подходе, как показал опыт последней четверти века, из сложнейшей картины функционирования живой материи удается вычленить множество достаточно обособленных — и притом принципиально важных! — процессов и исследовать их по отдельности.

В раскрытии первооснов важнейших жизненных процессов молекулярной биологией были сделаны мно-

гие решающие шаги. Сюда относятся расшифровка генетического кода, выявление его универсальности для всего живого мира. Такая же универсальность установлена для раскрытого в своих основных чертах механизма биосинтеза белковых молекул. В самое последнее время возникла новая, многообещающая ветвь молекулярной биологии — генная инженерия. Она показала возможность оперирования генами как реальной, если можно так сказать, ощутимой физической субстанцией.

Помимо первостепенной ценности всех приобретенных познаний, заслуживает быть подчеркнутой и философская сторона сложившейся ситуации. Какова бы ни была критика редукционизма, однако на сегодняшний день не подлежит сомнению, что именно на этом пути молекулярная биология добилась целого ряда выдающихся успехов. Недаром же высказано мнение о том, что молекулярная биология в такой же мере революционизировала науку о живом мире, как квантовая теория революционизировала ядерную физику сорок лет тому назад.

Бактерии, вирусы, фаги, субклеточные образования вплоть до химически индивидуальных препаратов обоих важнейших классов биополимеров, белков и нуклеиновых кислот были главными объектами исследования во всю предшествующую пору молекулярной биологии. Использование их в качестве объектов для эксперимента сыграло решающую роль в развитии нашей науки, способствовало ее становлению — выработке ее методологии, техники эксперимента и т. д. Это и само по себе привело к немалым успехам в познании живой материи. Но позже закономерности, обнаруженные при изучении предельно простых объектов, оказалось возможным распространить и на весь мир живых существ.

Итог длинным рассуждениям о принципе редукционизма в действии был подведен в одном афоризме, который уже стал летучим. Этот афоризм хорошо звучит по-английски, но его можно пересказать и по-русски. Для этого придется воспользоваться словами Тредьяковского, писавшего об «элефантах и леонтах», то есть о слонах и львах, а также объяснить предварительно, что бактерия кишечная палочка, излюбленный объект изучения в тысячах работ, вошла теперь в науку под сокращенным обозначением «Э. коли» от латинского ее

названия «Escherichia coli». Тогда афоризм будет звучать так: «что справедливо для Э. коли, то справедливо и для Э-лефанта». Словом, фундаментальные законы молекулярной биологии сохраняют свою силу во всем мире. И, значит, если природу многих процессов, важных для жизни слона, можно вскрыть, изучая кишечный микроб, то ясно, что редукционизм вправе торжествовать свой апофеоз.

Однако принцип редукционизма не только многое обещает исследователю, но требует от него умения видеть место исследуемого им механизма в общей картине явлений жизни, иначе говоря — умения видеть за отдельными деревьями и весь лес.

Сторонники принципа холизма, то есть сохранения целостности, исходят из давнего положения, гласящего, что целое есть больше, чем простая сумма частей, и что поэтому изучение последних не дает нам полного представления о той целостности, которая подверглась разложению на свои составные части. Возможность для преодоления неполноценности чисто редукционистского подхода можно видеть в сочетании его с познанием тех процессов интеграции, которые и в природе ведут к построению более высоких уровней организации. Есть все основания предполагать, что этот путь познания явлений жизни — его можно было бы назвать интегратизмом — будет в возрастающей степени приобретать значение в последующем развитии биологических исследований.

Сведение сложного явления к сумме его частей — путь, проделываемый исследователем при редукционистском подходе, — обязательно требует и умения проделывать этот путь в обратном направлении: от простых частей к сложному целому, от суммы частей к системной организации, от расчленения к воссозданию целостности, к интеграции закономерностей, действующих на разных уровнях системной пирамиды.

И здесь, естественно, встает задача дальнейших поисков молекулярной биологии: используя и продолжая исследования начального этапа развития нашей науки, двигаться к изучению более высоких уровней биологической организации. Как об одной из стоящих впереди целей следует думать и о живой клетке, как о целостном объекте изучения, о предмете для системного анализа. Создание общей теории клетки становится все более ак-

туальной задачей, волнующей представителей современной экспериментальной биологии. Но справедливость требует признать, что мы еще очень далеки от решения этой задачи.

Вот характерный пример. Процесс деления клетки ныне достаточно хорошо изучен, однако примечательно: все известные его детали были обнаружены в эксперименте, были, так сказать, извлечены из эксперимента и наблюдения, но ни одна из них не была заранее предсказана теоретически. Предсказательная сила современных биологических теорий еще не слишком велика.

Чтобы сообщить нашим теоретическим взглядам эту способность, нужно преодолеть разрыв между простейшими объектами, стоящими на границе живого и неживого, и миром высших организмов. Предстоит на молекулярном уровне выявить и исследовать закономерности, характерные именно для высших форм биологической организации, и обобщить эти закономерности, создать на их основе новые теоретические представления.

В качестве иллюстрации того, какие попытки делаются, чтобы перебросить мост через пропасть, отделяющую мир простейших биологических объектов от мира более высокоорганизованных существ, можно рассказать вот о чем. Науке хорошо известны примеры самосборки сложнопостроенных, мультимолекулярных образований из их отдельных составных частей. Известно, например, что многие белки обладают так называемой четвертичной структурой, то есть состоят из нескольких самостоятельных субъединиц. Они могут быть разложены на эти свои составные части, и замечательно, что если смешать эти части, то при благоприятных условиях снова самопроизвольно происходит образование исходной, сложной структуры. Такой способностью обладает, например, гемоглобин, о котором рассказывалось выше.

Множество, быть может, даже преобладающая часть, ферментов построено из подобных субъединиц, причем в некоторых случаях число компонентов различных сортов может достигать нескольких десятков, и в этом случае тоже может наблюдаться явление самосборки. Еще сложнее по своему составу рибосомы, а также вирусы и бактериофаги. Здесь в построении комплекса участвуют представители обоих главных классов биополимеров — белки и нуклеиновые кислоты. В рибосомах имеется три рода нуклеиновых кислот и около двух десятков различ-

ных, индивидуальных молекул белков. А частица вируса табачной мозаики содержит наряду с нуклеиновой кислотой свыше двух тысяч одинаковых молекул белка. И эта — по молекулярным масштабам гигантская структура может самопроизвольно подвергнуться самосборке из своих отдельных составных частей!

Полезно бросить взгляд на усложнение биологических объектов на разных, последовательных уровнях их структурной и функциональной организации. На самой низшей ступени мы можем взять, например, один из бактериальных вирусов, бактериофаг, известный под обозначением R-17, использованный во многих исследованиях. Его наследственный аппарат содержит всего три гена. Один ген содержит информацию о структуре белка А, функция которого еще недостаточно выяснена. Второй ген обусловливает структуру белка, из которого построена оболочка фага, а третий ген направляет образование фермента, обеспечивающего репликацию, то есть получение новых копий нуклеиновой кислоты фага, когда он проникает в бактериальную клетку и начинает стремительно размножать себя. Как легко видеть, все здесь сведено к минимуму — к тому минимуму, который является уже последним пределом: три гена и три белка. Но зато — что и характерно для всех вирусов вообще — этот вирус не способен практически ни к каким самостоятельным проявлениям жизнедеятельности. Лишь одно ему доступно — заражая клетку, встраивать свою наследственную программу в синтезирующие системы клетки, переключать их работу на себя и так организовать воспроизводство своих новых копий. И второе: после того как вирусные частицы покидают клетку, где они были построены, и до того, как они проникнут в новую, еще не зараженную клетку, — словом, в тот период, когда вирус существует вне клетки, белковый чехол защищает его нуклеиновую нить от разрушения. Вот и все, что мы имеем на уровне бактериального вируса, фага.

Бактериальная клетка устроена несравненно сложнее и так же сложнее и разнообразнее спектр ее функций. Огромное число генов, богатый набор обменных процессов и обеспечивающий эти процессы набор белков-ферментов, способность ассимилировать вещества из неживой природы, самостоятельно размножаться путем деления и многое другое.

Но все же от следующего уровня — от клетки многоклеточного высшего организма — бактерии снова отделены целой пропастью.

Здесь, по другую сторону пропасти, уже усложнение сразу на много порядков. Здесь сложнейшая картина использования наследственной информации: ведь одни гены работают во все время жизни клетки, другие включаются лишь в определенные моменты, а третьи, видимо, вообще всегда остаются выключенными. Наконец сотни тысяч белковых молекул ежесекундно ведут работу в различных уголках клетки, и каждый сорт белка осуществляет свое дело.

Но дело не в количестве, точнее, не в одном лишь количестве: гораздо сложнее, более того, во многом принципиально иной становится система управления жизнедеятельностью клетки.

Мы не знаем еще, каким образом клетке удается поддерживать равновесие жизненных процессов внутри себя самой.

Расщепление исходного сырья, поступающего в клетку; синтез новых молекул, потребных клетке именно сейчас; обеспечение энергетических резервов; наработка материала, который потребуется клетке, когда она приступит к делению и приготовится дать жизнь двум дочерним клеткам; синтез информационных молекул в ядре. Все эти и множество других процессов протекают одновременно. Как же организовано в клетке распределение ее энергетических и материальных ресурсов? Далее: как обеспечивается транспорт в пределах микрорасстояний? Каким образом вновь построенная белковая молекула от места синтеза перемещается к месту, где она нужна для работы? Перемещается на расстояния, которые нередко в тысячи раз превышают ее размеры? Что и как управляет этим процессом?

Или еще пример. Жизнь клетки весьма жестко организована во времени, и этапы клеточного цикла четко следуют один за другим. Циклам этим подчиняется все содержимое и существование клетки, но как клетка отмеряет циклы? Как она отсчитывает время? Какова природа «биологических часов»? Эти и многие подобные вопросы продолжают стоять перед наукой о клетке, манить к себе исследователей.

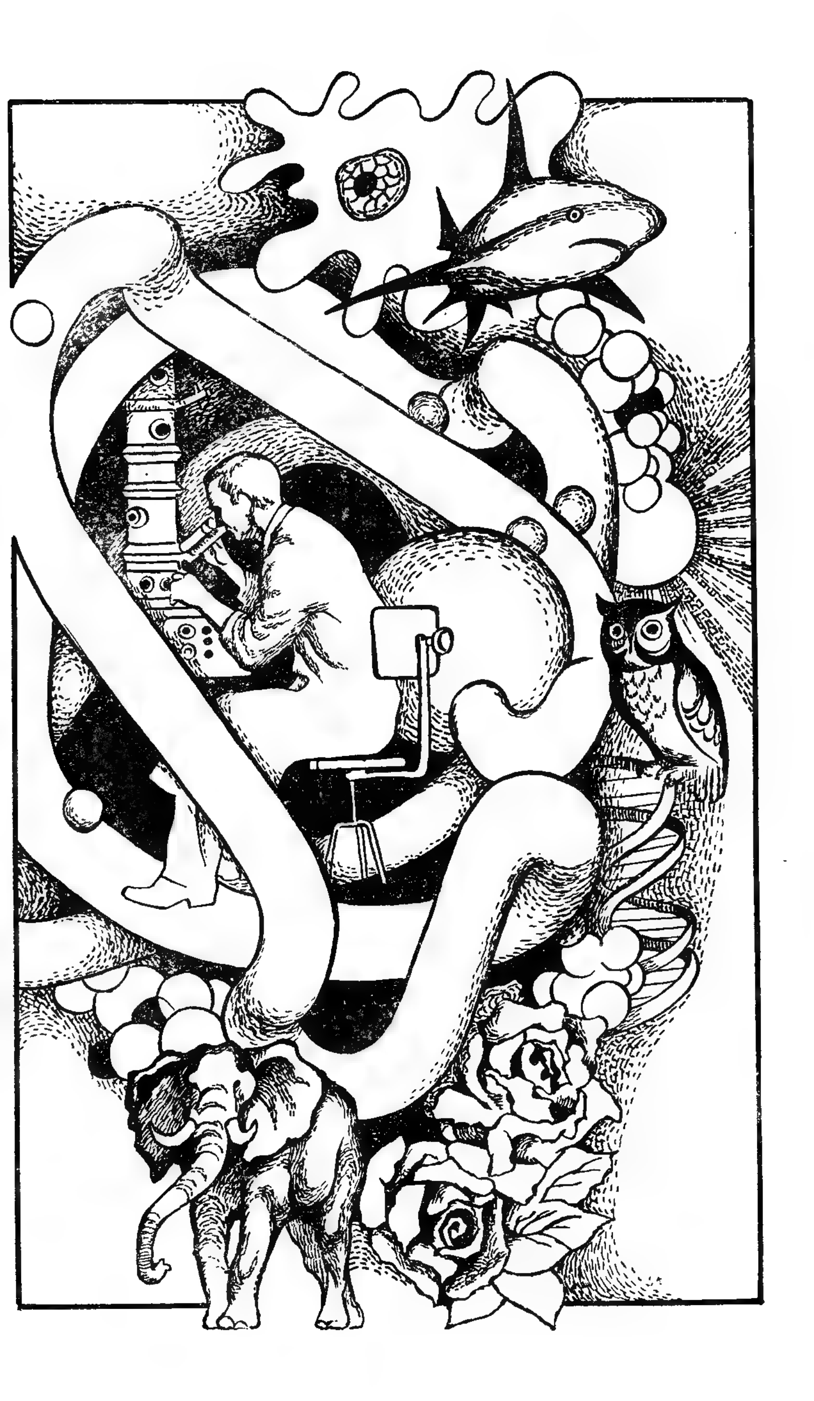
Живая клетка — при всей сложности своей организации — отличается удивительной координированной со-

гласованностью всех процессов, и нам еще непонятно, как эта согласованность достигается, как из множественности возможностей возникает единственная в своем роде, уникальная целостность.

Отталкиваясь от фундаментальных исследований, поставленных на простейших объектах, можно сказать еще и так. Синтез белка — процесс, известный нам сейчас достаточно основательно. Синтез клетки — процесс, неизвестный вовсе. Как подступиться к его изучению? Где найти переход к нему от синтеза белка? Обнаружение множества процессов самосборки, в том числе и объектов огромной сложности, по-видимому, породило далеко идущие надежды. Видный биолог, редактор международного «Журнала теоретической биологии», Дж. Даниэлли опубликовал опыты, в которых одноклеточный организм, амеба, разлагалась на свои главные структурные части: ядро, оболочку, цитоплазму. Затем эти компоненты, полученные от разных индивидуумов, снова смешивались при определенных условиях. Наблюдалось образование заново целых клеток амебы из частей разных предков: ядра одного, оболочки другого, цитоплазмы третьего. «Синтетические амебы» проявляли свойственную этим организмам способность к передвижению и даже размножались. Следовательно, тут происходила самосборка клетки из ее составных частей.

Естественно, возникает ряд вопросов: в чем содержится интегративная информация, действующая при процессах самосборки? Какие элементарные механизмы тут участвуют? Каковы силы сродства, выступающие тут на сцену? На некоторые из этих вопросов можно уже сейчас дать достаточно определенный ответ. Бесспорно, что движущим началом явлений интеграции, построения новых уровней структурной организации выступают силы так называемых слабых взаимодействий. По величине используемой энергии они в корне отличаются от сил так называемого главновалентного химического взаимодействия, благодаря которым атомы сцепляются в молекулу. Речь идет об электростатических силах, далее о водородных связях, при которых подвижный водородный атом служит в роли соединительного звена, как бы обобществленного двумя химическими группировками.

От изложенных выше соображений общего порядка мы перейдем теперь к некоторым конкретным примерам



интересных исследований самого недавнего времени, частично затрагивающим и некоторые из названных проблем. Двигаясь к новым целям, к новым рубежам познания, мы, естественно, можем лишь опираться на то, что уже сделано. Оглядываясь назад, видишь немало интересных и принципиально важных работ, выполненных в отечественных лабораториях. Свидетельством их значения стало присуждение ряду из них Государственных и Ленинских премий: высших оценок, отмечающих ведущие достижения в нашей стране.

Как наиболее значительную и по времени приходящуюся на самые первые периоды становления у нас молекулярной биологии, естественно назвать работу, позволившую установить химическое строение, так называемую первичную химическую структуру — то есть последовательность расположения отдельных звеньев, нуклеотидов, в макромолекуле нуклеиновой кислоты, класса биополимеров, играющего наряду с белками ведущую роль во всех важнейших жизненных функциях.

В числе трех первых стран мира, где почти одновременно была решена эта задача, явился и Советский Союз. В США, а вскоре затем в СССР и одновременно в ФРГ была достигнута полная расшифровка структурной последовательности для трех представителей одного и того же класса нуклеиновых кислот (разных во всех случаях) — так называемых транспортных рибонуклеиновых кислот (тРНК). Транспортные РНК выполняют ключевую роль в процессе биологического синтеза белковой молекулы: они участвуют в переносе аминокислот к месту их включения в состав новообразуемой белковой молекулы и точно определяют расположение данной аминокислоты в гигантской молекуле созидаемого в клетке белка. Коллектив ученых под руководством академика А. Баева выделил из препаратов тот сорт тРНК, которая переносит аминокислоту валин, а затем сумел расщепить эту тРНК на фрагменты, доступные анализу, и воссоздать строение всей исходной молекулы. Отмеченная Государственной премией, эта работа стала убедительным свидетельством, что молекулярная биология в нашей стране, где ее развитие началось значительно позднее, чем в ведущих западных странах, действительно вышла на передовые мировые рубежи.

Крупное открытие всегда служит основой для дальнейшего продвижения в новые области. Так и тут —

принцип фрагментации стал основой новой экспериментальной методики, получившей название «метода разрезанных молекул». Участником того же коллектива А. Мирзабековым было обнаружено замечательное явление. Если надлежащим образом провести расщепление молекулы нуклеиновой кислоты, то полученные фрагменты — «обломки», взятые порознь, как и следовало ожидать, утрачивают свою биологическую функцию, перестают присоединять аминокислоту. Однако, если смешать все части набора «обломков», их смесь часто вновь приобретает свою первоначальную способность. Совершенно ясно, что тут, как и при упоминавшихся процессах самосборки, происходит интеграция компонентов. При помощи таких опытов удалось многое узнать о том, какие участки нуклеиновой молекулы ответственны за ту или иную сторону вызываемого ею эффекта и оценить их роль в тех действиях, которые в норме выполняются всей молекулой в целом.

Государственной премией был отмечен недавно цикл исследований, проводившихся под руководством В. Скулачева и посвященных энергетике живой клетки. В этих работах в ходе тонких экспериментов были выяснены существенные черты такого важного процесса, как выработка и трансформация энергии, дающей клетке, образно говоря, движущие силы для жизни.

Хромосома — неисчерпаемый кладезь тайн. На первый взгляд кажется, быть может, странным, что вновь и вновь один исследователь за другим обращается к изучению хромосомы, после того как ею занималось уже не одно поколение биологов. Но это лишь стороннее впечатление. На самом деле мы гораздо больше хотим узнать о хромосоме, чем знаем сейчас.

Тут заслуживает внимания работа, проводившаяся под руководством А. Мирзабекова в Институте молекулярной биологии. Эта работа была связана с выяснением весьма важных обстоятельств, выступающих на сцену при рассмотрении связи между тонкой молекулярной структурой ДНК и выполняемыми ею генетическими функциями.

Как известно, строение ДНК характеризуется образованием так называемой двойной спирали: две нити ДНК, расположенные антипараллельно, закручены одна вокруг другой, образуя двуспиральную структуру. Тут обнаруживается весьма любопытное обстоятельство.

Давно было подмечено, что нити ДНК, скручивающиеся в спираль, расположены не на равном расстоянии друг от друга. Иначе говоря, раздел, промежуток между ними, с одной стороны много больше, чем с другой. Разделы между спиралями в молекуле ДНК биологи называют бороздками: естественно, одна получила название большой, а другая малой бороздки. Но зачем нужны эти бороздки? В чем их биологический смысл?

Исследования, о которых идет речь, показали, что бороздки неравноправны. При построении хромосомы ДНК образует тесный комплекс с особым типом белков — гистонами. Этот комплекс обозначается как хроматин. Применение тонких химических методов анализа позволило установить, что гистоны, несущие главным образом структурирующие, в известной мере пассивные функции, взаимодействуют с ДНК преимущественно по ее большой бороздке, а активной рабочей поверхностью служит малая бороздка. Именно с нею взаимодействуют белки-регуляторы, открывающие или запирающие считывание наследственной информации с генов, заключенных в структуре ДНК, то есть управляющие важнейшим процессом реализации генного эффекта. С этой же, малой бороздкой реагируют и различные лекарственные вещества, в первую очередь из группы антибиотиков. Важнейшее биологическое сочетание структуры и функции, таким образом, здесь выступает с особой отчетливостью.

В изложенных выше исследованиях хромосомы выступали в качестве объектов тонкого химического изучения. Это были, так сказать, безликие, лишенные индивидуальности хромосомы. Но немалый интерес заслуживают попытки, если можно так выразиться, личного знакомства с индивидуальными хромосомами, какими мы их наблюдаем в клетке и организме. Тут мы уже переходим в область, открывающую отчетливые, увлекательные перспективы и практического характера.

Мы начнем с рассказа об исследованиях, предпринятых А. Иорданским (Москва) и В. Хвостовой (Новосибирск), по индивидуальной идентификации хромосом ржи и пшеницы. В основе этих работ лежал принцип тинкториального, то есть основанного на окраске анализа, распознавания отдельных хромосом по типичному для каждой из них расположению окрашенных полос, получаемых после специальной обработки красителями. В результате кропотливого выявления типичного

«персонального» рисунка удается для каждой отдельной хромосомы (а их, например, у пшеницы двадцать три разных!) получить нечто подобное «отпечатку пальцев» и по таким отпечаткам опознавать при исследовании, какому виду или сорту принадлежит взятое для опыта зерно. Особенно эффектной была идентификация хромосом ржи и пшеницы в том их наборе, который имеется у растения тритикале — гибрида ржи и пшеницы, отличающегося особенно ценными хозяйственными качествами.

Вырисовываются в высшей степени заманчивые перспективы — использовать этот путь в селекционной работе, создав новую «хромосомную службу» в области растениеводства, подобно тому как уже существует хромосомная служба человека, имеющая целью предупреждение и распознавание некоторых наследственных болезней. А это могло бы означать поистине революционный сдвиг: ведь ныне растениевод должен дожидаться результата своего очередного эксперимента по скрещиванию путем длящихся многими годами вегетационных испытаний. Хромосомный экспресс-анализ дает возможность в считанные дни получать ответ — какие наследственные структуры сорт-потомок унаследовал от каждого из своих родителей.

В совершенно ином направлении развивается анализ хромосом человеческого организма. Ряд исследователей в разных странах разработал методику получения гибридов соматических (то есть не половых, а принадлежащих разным тканям) клеток совершенно различных существ, в том числе, например, клеток человека и клеток мыши или хомячка. В нашей стране эксперименты этого рода развернуты в лаборатории Н. Шапиро, в Институте атомной энергии имени Курчатова.

Применяя специальные методы, удается получать гибриды, которые первоначально содержат два полных набора хромосом: и человека и грызуна. Однако в ряду клеточных делений хромосомы человека постепенно утрачиваются. Благодаря этому, контролируя этап за этапом, удается проследить, какие человечьи гены сохраняются, какие исчезают. Открывается замечательная возможность точно установить расположение тех или иных генов в определенных хромосомах, подобно тому как это уже давно удалось сделать для дрозофилы или для фагов. У них возможность исследования была обеспечена быстрой сменой поколений. У человека же преж-

де лишь сравнение родословных давало кое-какие указания, но ведь такой анализ растягивается на столетия. А теперь в культуре клеток мы и для человека приближаемся к тем же срокам, что у дрозофилы. Это означает революцию — сокращение времени примерно на пять порядков сразу!

Думается, для многих читателей будет неожиданностью, если сказать, что до недавнего времени хромосомы человека — точнее, карта расположения в них тех или иных генов — были для биологов почти что «терра инкогнита». А соматическая гибридизация клеток за короткое время позволила установить, в каких хромосомах находятся несколько десятков генов.

Приведенные выше примеры, как, вероятно, заметил читатель, взяты из области строения различных макромолекулярных биологических образований. Но уже упоминалось о явлениях регуляции в жизни клетки, в частности, об управлении реализацией генного эффекта. Новые формы этой регуляции выступают перед нами в свете исследований, ведущихся Р. Хесиным в биологическом отделе Института атомной энергии имени И. В. Курчатова.

До недавнего времени считалось, что интенсивность считывания наследственной информации для последующего ее использования при белковом синтезе регулируется специальными белками-репрессорами. Их роль согласно устоявшейся концепции была ярко негативной; если нужно, например, они, словно защитным чехлом, укрывают соответствующий участок ДНК и останавливают процесс считывания. В основу этой концепции были положены исследования, поставленные на бактериях. Можно ли ее применить к высшим организмам? Не окажется ли утверждаемая ею схема регуляции слишком жесткой?

В исследованиях советских ученых на первый план выдвигается схема, которая предполагает иной, позитивный метод регулирования. Согласно этой схеме клетка высших организмов имеет возможность не просто снять запрет на синтез определенного сорта белка, но и разными путями увеличить интенсивность этого синтеза, порой превышая нормальный уровень в сотни и даже тысячи раз. А такая гибкость, такая возможность чрезвычайно напрягать мощность клеточных динамических ресурсов крайне важна; как легко понять, особенное зна-

чение это свойство может приобретать на стадии интенсивного развития организма или в различных трудных ситуациях.

Знаменательным этапом, характеризующим нынешние устремления молекулярной биологии, является смена главенствующих объектов исследования.

Первоосновы молекулярной биологии закладывались при изучении вирусов и фагов, макромолекул биополимеров и, как верхний предел, — бактерий. Экспериментатор стремился держаться возможно ближе к рубежу, отделяющему живое от неживого, даже спускаясь на уровень собственно молекул. Но совершенно ясно, что это было не более чем подготовка плацдарма для подступа к более отдаленной цели, которую исследователи молчаливо усматривали в познании закономерностей, действующих на более высоких уровнях биологической организации.

Одним из первых шагов при движении к высшим уровням было выяснение принципов строения наследственного механизма, объединяемого под названием генома клетки. Для простейших организмов и бактерий — прокариотов (то есть не имеющих сформированного клеточного ядра) уже имелась разработанная схема строения генома. Хорошо обоснованная модель структуры генома высших организмов (так называемых эукариотов, то есть обладающих нормальным, полноценным ядром) была предложена Г. Георгиевым и получила ныне широкое признание.

Не вдаваясь в слишком специальные детали, достаточно сказать, что в этой схеме нашли свое место и размеры, и взаимное расположение различных структурных элементов, которые образуют функциональную единицу генома. Центральной частью модели, разумеется, выступает тот участок ДНК, который несет собственно наследственную информацию — то есть представляет собой ген в узком значении этого слова. Вместе с ним в состав функциональной единицы входят участки, которые выполняют важные регуляторные функции или служат сигналом начала или завершения процесса транскрипции гена. При транскрипции, как известно, образуется молекула матричной рибонуклеиновой кислоты (м-РНК), которая в дальнейшем переправляется из ядра в цитоплазму и там становится направляющим началом при синтезе белковой молекулы.

Большой неожиданностью было, что эти вспомогательные, служебные участки генома по величине составляют значительно преобладающую его часть: у отдельных видов до 90 процентов всего генома. Оказалось — и также неожиданно — что м-РНК в ядре первоначально образуется в виде гигантского «предшественника» (про-м-РНК). Иначе говоря, сначала с ДНК копируется не один лишь собственно информативный участок, нужный для белкового синтеза, — как предполагалось прежде на основании изучения бактерий и простейших — а этот участок плюс все регуляторные и служебные участки. Полученная копия (про-м-РНК) намного превосходит по своим размерам собственно информативный участок.

Зачем природе потребовалась такая расточительность? Ясного ответа на этот вопрос пока нет.

На следующей стадии соответствующие ферменты укорачивают про-м-РНК, оставляя от нее лишь тот участок, который несет собственно наследственную информацию. Соединяясь с белком, этот участок образует транспортную форму, перемещающуюся от места образования в хромосоме через внутриядерный сок к оболочке ядра и далее в цитоплазму.

Здесь, как показали работы академика А. Спирина, образуются новые белково-нуклеиновые частицы — информосомы. Они обеспечивают дальнейшее перемещение м-РНК к рибосомам, где и синтезируется тот белок, который соответствует исходному гену. В ходе описываемых работ глубже удалось проникнуть и в механизмы следующего этапа биосинтеза белка, в функции рибосом.

Эти работы Георгиева, Спирина и их сотрудников заслуженно были отмечены Ленинской премией.

Как уже говорилось, начальный период нашей науки по праву можно назвать молекулярной биологией фагов, вирусов, бактерий. Этот период открыл возможность двигаться дальше — к изучению более сложных уровней организации живой материи. Однако было бы неправильным считать, что уже исчерпаны все возможности исследования низшего уровня. Напротив, чем глубже наука проникает в тайны живого, тем яснее видно, как много еще предстоит узнать, изучить, понять именно на этом — низшем уровне.

Более того, множество весьма важных закономерно-

стей в функционировании живой материи можно понять только и исключительно на уровне молекул. К их числу принадлежит, например, проблема взаимодействия белков и нуклеиновых кислот — их взаимное «узнавание».

Эти главные строительные материалы живой материи находятся в постоянной тесной связи. Они образуют множество соединений первостепенной важности как для функций клетки, так даже и для состояния целого организма. Хранение и передача наследственной информации, процессы синтеза белковых молекул, важные регуляторные механизмы, а с другой стороны, многочисленные болезнетворные начала, вирусы — везде мы встречаем комплексы и взаимодействия белков и нуклеиновых кислот.

Разгадка основ этого взаимодействия, познание «языка», посредством которого совершается «узнавание», — все это проблемы первостепенной важности.

По-видимому, с исчерпывающей полнотой сейчас уже понят язык и механизм «узнавания» между нуклеиновыми кислотами. В основе его лежит взаимодействие немногочисленных структурных элементов: четырех пар нуклеотидов. Они составляют как бы четырехбуквенный алфавит нуклеинового языка.

Трудности совсем нового порядка возникают при попытках понять взаимодействие нуклеиновых кислот с белками, построенными из 20 различных аминокислот. Тут двадцатибуквенный алфавит! Видимо, прямое сочетание двух языков неосуществимо.

Но как же все-таки происходит взаимодействие нуклеиновой нити с молекулой белка? Новые очертания приобретает ответ на этот вопрос в результате работ коллектива физиков и химиков, возглавляемого Б. Готтихом (Институт молекулярной биологии АН СССР). Эта группа изучает структуру пар «нуклеиновая кислота — белок» (например, отрезок ДНК и соответствующий репрессорный, то есть блокирующий белок, или определенный белок, входящий в состав рибосомы, и отвечающий ему участок рибосомальной РНК) и пространственное взаимодействие таких пар.

Из этих работ следует, что процесс «узнавания» между белком и, например, ДНК опирается на установление соответствий между буквами нуклеинового алфавита и некоторой характерной химической группировкой в составе белковой молекулы — так называемой пептидной

связью. Эта группировка свойственна всем видам белков, составляет основу их скелета. Однако наряду с общностью, постоянством, «лица общим выражением» эта связь, по-видимому, в определенной мере обладает и известной множественностью, разнообразием своих свойств, например, своей химической реактивностью, в зависимости от того, какие именно индивидуальные аминокислоты (из общего их набора двух десятков) этой связью оказываются соединенными.

А от этого в конечном счете зависит способность данной белковой молекулы осуществить процесс «узнавания» определенного отрезка ДНК. Так, видимо, природа нашла переход от четырехбуквенного нуклеинового алфавита к двадцатибуквенному белковому.

Теперь хочется кратко рассказать о начинании, касающемся организации исследовательской работы комплексного характера. Речь идет об изучении нового фермента с необычными свойствами. Он получил название «обратная транскриптаза», мы его сокращенно обозначаем как «ревертаза».

Два важных обстоятельства привлекают к этому ферменту особое внимание. Во-первых, он был найден не в клетках, а внутри вирусных частиц, вызывающих опухоли, то есть в составе онкогенных вирусов (тех из них, которые содержат РНК в качестве своего генетического материала). Это сразу указывало (что и подтвердилось несколько позднее) на важную роль нового фермента в размножении опухолеродных вирусов и их трансформирующем действии на клетку.

Второе, не менее волнующее обстоятельство состояло в том, что ревертаза в отличие от известных клеточных ферментов переписывала не ДНК в РНК, а, наоборот, РНК в ДНК. Этим как бы нарушалось одно из звеньев так называемой «центральной догмы» молекулярной генетики, согласно которой движение генетической информации всегда идет в одном направлении, по схеме:

ДНК→РНК→белок. В данном случае первое звено оказывается обращенным в своем направлении.

Открытие этого фермента причисляют к самым крупным событиям в молекулярной биологии последнего времени. Обнаружение нового фермента значительно расширило наши основополагающие представления о молекулярных основах жизни.

Значение этого открытия двояко: с одной стороны, раскрыт путь, по которому генетическая информация опухолеродного вируса внедряется в геном клетки (вирусная РНК → вирусная ДНК → ДНК клетки). С другой — получен новый ценнейший экспериментальный инструмент, который играет всевозрастающую роль в молекулярнобиологических исследованиях, в частности, во всей области генетической инженерии.

Ревертаза оказалась крайне неразборчивой в отношении субстрата своего действия — она при соблюдении некоторых вспомогательных условий способна копировать практически любые матрицы. А ведь создаваемая ревертазой цепь ДНК, по существу, представляет собой генный материал. Можно сказать, что при помощи ревертазы осуществляется ферментативный синтез гена.

Совершенно ясно, насколько важно было развернуть работы с этим необыкновенным ферментом у нас и в содружестве социалистических стран. Однако достижение этой заманчивой цели наталкивалось на немалые трудности. Для экспериментов требовался целый набор малодоступных реактивов и препаратов, и прежде всего сам фермент как таковой, источником получения которого является вирус одного заболевания птиц.

Возникла мысль преодолеть эти трудности, объединив усилия ряда научных центров. Так в Академии наук СССР зародилось мероприятие, получившее название «Проект Ревертаза». В проекте принял участие ряд институтов и лабораторий нашей страны, а также и нескольких социалистических стран, в первую очередь ГДР и Чехословакии. Каждый участник имел ясно и твердо фиксированное задание, координированное общим планом. В короткий срок, меньше двух лет, было достигнуто решение поставленной задачи: был получен полный ассортимент всех требуемых материалов, создан компактный набор их, намного раньше, чем подобные наборы стали выпускаться зарубежными фирмами. Этими наборами стали снабжаться участники проекта, и в ряде мест развернулась активная работа с ревертазой.

Ревертаза уже стала одним из главных инструментов интенсивно развивающейся генной инженерии. При ее помощи конструируются фрагменты ДНК, служащие для опытов по рекомбинации молекул ДНК, по накоплению искусственно создаваемого генного материала в значительных количествах и т. д.

Наглядный пример о совершенстве этого инструмента дает одно сопоставление. Работающий в США замечательный индийский химик Гобинда Корана недавно осуществил полный химический синтез отрезка двуспиральной ДНК, который является геном маленькой транспортной РНК. Конечно, это был блестящий результат, шедевр синтетического искусства и настойчивости. Но какой ценой этот успех был достигнут? Потребовались усилия большого коллектива из нескольких десятков человек, свыше пяти лет напряженной работы и средства порядка нескольких миллионов долларов. А что дает для подобных целей ревертаза? Обычно довольствовались получением лишь первичного продукта ревертазной транскрипции — то есть одной нити ДНК, а это требовало последующей достройки второй половины двойной спирали. Однако недавно в Москве Л. Киселеву удалось обнаружить, что при определенных условиях ревертаза может достроить и всю вторую цепь, то есть обеспечить получение полного гена. Был проведен и синтез полного гена — гена глобина: белкового компонента гемоглобина. По размерам он примерно в четыре раза (!) превышает ген нуклеиновой кислоты у Кораны. А совершен был этот синтез — благодаря применению ревертазы — в небольшой лаборатории, при двух-трех работниках, в скромных рамках лабораторного бюджета и за считанные недели работы. «Проект Ревертаза» оправдывает себя впечатляющими результатами!

Нынешний этап в развитии науки характерен одной особенностью, которая резко отличает его от прежних времен. Именно тем, что никогда раньше исследование самых фундаментальных проблем мироздания не смыкалось так тесно с запросами сегодняшнего дня.

Показательный факт: утвержденные XXV съездом КПСС «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» указывают на необходимость проведения исследований, направленных на познание и использование в общественной практике самых коренных явлений жизни.

Требования медицины, сельского хозяйства, экологии связаны с проблемами сегодняшнего дня, с задачами, которые решаются сегодня. Для того чтобы эти требования удовлетворять, биология должна идти все глубже в познании основ жизни. С другой стороны, каждый но-

ый шаг познания так или иначе оборачивается достижениями в области практики.

Впрочем, молекулярная биология еще слишком молода, и потому очень трудно рисовать реальные контуры ее будущего. Она переживает сейчас эпоху «первоначального накопления» — эпоху формирования фундаментальных представлений о закономерностях живой материи, а каждое такое представление, возникая, оказывает огромное влияние и на развитие самой науки, и на общественную практику.

Как и ряд других научных дисциплин, характеризующихся большой технической вооруженностью, изощренностью экспериментов, высокой сложностью изучаемых проблем, молекулярная биология обозначает собой передовую линию познания. В нашей стране работы по молекулярной биологии разворачиваются широким фронтом, и этот факт является лучшей демонстрацией зрелости отечественной науки, ее готовности осваивать самые актуальные рубежи исследования.

И молодым исследователям — биологам, физикам, химикам здесь открывается поистине необозримое поле для приложения сил: от разработки самых серьезных теоретических построений до постановки тончайших экспериментов, от проникновения в тайны живой клетки до борьбы с раком и наследственными болезнями. Сложность проблем в нашей науке порой удручает непосвященных, но молодым она, как кажется, бросает вызов: дерзайте! Здесь нужна ваша воля, ваш труд, ваша свежая творческая мысль.

Не будем спорить — выходит или не выходит биология в лидеры современного естествознания. Очевидно одно: перед ней грандиозное поле деятельности и увлекательные перспективы. Как уже говорилось, молекулярная биология — на дальних подступах к живой клетке, а впереди — изучение многоклеточных организмов, исследование пути их развития из одной-единственной клетки, молекулярные тайны памяти, мышления, сознания.

Молодые, те, кто сегодня и завтра приходят в нашу науку, будут свидетелями и соучастниками многих волнующих событий: ведь будущая биология станет так же отличаться от современной, как нынешняя — от биологии двадцатых годов.

Академик АМН
Е. Чазов
о сердце
и научно-технической
революции

Сейчас все говорят о научно-технической революции — это понятно: она одно из важнейших явлений времени. Однако, рассуждая об НТР, каждый человек — экономист, естественник, инженер, философ — видит при этом свое, ведь профессия — главная сторона его жизни, она оттеняет и склад мышления, и его нацеленность.

И я, кардиолог, тоже вижу свое: и возможности, которые НТР создала нам, врачам-клиницистам и медикам-исследователям, и те проблемы, которые она породила или обострила. В первую очередь, конечно, проблемы, а не достижения, чтоб не успокаиваться, а действовать.

Посудите сами: сердечно-сосудистые заболевания, над лечением, изучением и предупреждением которых бьется моя область медицины, наиболее распространены в экономически развитых странах. Для слаборазвитых стран они не характерны — там на первом плане другие проблемы. Кстати, еще в начале нашего века ишемическая болезнь в Европе и Америке была относительно редка, и клиническая картина инфаркта миокарда впервые была описана только в 1909 году замечательными нашими врачами В. Образцовым и Н. Стражеско, а три года спустя, не зная об их работе, ее повторил в США Херрик, и все они писали об инфаркте как о новом и редком заболевании.

Но теперь, спустя без малого семьдесят лет, гипертонической болезнью, атеросклерозом, коронарной недостаточностью страдают миллионы людей. Как свидетельствует статистика Всемирной организации здравоохранения, в экономически развитых странах сердечно-сосудистые заболевания сейчас оказываются причиной 46 процентов — почти половины всех случаев смерти (онкологические болезни, занимающие второе место, выглядят куда «скромнее» — 17,7 процента). Не так давно это пытались объяснить увеличением продолжительности жизни. Однако успокоительную гипотезу пришлось отставить: в последние десять лет эти болезни «помолодели». Для современного кардиолога, увы, не удивителен тридцатилетний пациент, перенесший инфаркт, даже двадцатипятилетний. И сколько мы, медики, ни изучаем причины сердечно-сосудистых заболеваний — «повреждающие факторы внешней среды», «факторы риска», а их исследование далеко еще не исчерпа-

но, неумолимо ясно одно: увеличение частоты этих заболеваний связано с развитием цивилизации, с урбанизацией, индустриализацией.

На наших глазах в результате прогресса техники и внедрения автоматизации изменился не только характер и темп труда, но образ и ритм повседневного быта. Невероятно возрос информационный поток. Резко сократились физические нагрузки на работе и в быту. Люди стали много лучше питаться и много меньше двигаться. Мы не ходим, как ходили прежде, а ездим даже на короткие расстояния в автомашинах, в троллейбусах, в метро. Мы все чаще поднимаемся не по лестницам, не по склонам, а в лифтах, на эскалаторах и фуникулерах. Изменились условия среды обитания. Изменились стереотипы жизни людей. Изменились соотношения между питанием и энергетическими затратами. Возникла проблема приспособления к измененным условиям, а с нею и проявление осложнений этого приспособления.

Мы не всегда отдаем себе отчет, насколько совершенны и многогранны физиологические и биохимические механизмы, сложившиеся в ходе тысячелетней эволюции человека. А на наших глазах, на протяжении жизни одного поколения, среда, в которой живет человек, вследствие его же собственной деятельности изменяется резче, чем прежде менялась за века.

Все это ощущается острее в условиях города и тем острее, чем больше город. Снова статистика: хотя технический прогресс все больше и больше захватывает и село, все же частота сердечно-сосудистых заболеваний у нас в сельской местности в 10—12 раз меньше, чем в городах. Жители огромной, шумной и бурной Москвы заболевают чаще, чем, например, жители Уфы, а среди обитателей курортной Ялты эти заболевания сравнительно редки. Но если среди горожан Уфы у рабочих заболевания сосудов сердца встречаются в два с половиной раза реже, чем у инженеров и научных работников, то ялтинские шоферы подвержены им так же часто, как и ялтинцы, занимающиеся умственным трудом. Причина проста: дальние поездки, нарушенный режим питания и отдыха, горные дороги, постоянное нервно-эмоциональное напряжение.

Факт остается фактом: создавая для человека огромное количество материальных благ, научно-технический прогресс и его нынешняя стадия — НТР одновременно

порождают и трудности приспособления к измененным условиям жизни: те болезни, которые мы обязаны лечить и предупреждать.

Но такова диалектика событий, что она же — научно-техническая революция — привела к появлению новых методов и орудий исследования, что она подняла на новый уровень физиологические, биохимические, общебиологические знания и само естественнонаучное мышление. И все это послужило предпосылкой для становления новых, истинно современных направлений науки, в том числе тех, которые решают проблемы, диктуемые ходом самой НТР.

Среди них — кардиология, один из «горячих цехов» современной теоретической и практической медицины, «единая в двух лицах».

В одном лице она раздел клинической терапии: в первую голову терапии неотложной, экстренной. Ее оснащение, диагностическое и лечебное, ее методики и принципиальные подходы — ее «манеры», если позволите так говорить, мало чем схожи с традиционными представлениями о терапии, о консервативном лечении болезней без «рукодействия». Напротив, «орудиями», подходом, своим радикализмом неотложная кардиология близка сердечно-сосудистой хирургии, своей «соседке» по интересам, решающей пограничные, а подчас и общие с нашими вопросы. Конечно, пациентов, чье спасение в реконструктивных операциях на сосудах или сердце кардиологи перепоручают хирургам. Но в своей повседневной практике мы постоянно используем методики, недавно считавшиеся уделом только хирургии, например, зондирование сердца, катетеризацию сосудов, электроимпульсное лечение.

Это не вторжение в «чужой огород». Это синтез знаний и лечебно-диагностических приемов. Синтез врачебного искусства ради решения задач такой сложности, которые прежней медицине были не по плечу. А в лечебной практике каждая задача предельно конкретна: это реальная человеческая жизнь.

Ведь это только в статистике пациент и исход болезни перевоплощаются в отнесенное к той или иной графе число — в абстрактную единицу с каким-то количеством нулей впереди — крохотную долю процента. Но то, что в таблице — доля процента, для врача всякий раз — живой человек. Чья-то мать, чья-то дочь, чей-

то сын, отец, муж, любимый. Пусть, наконец, одинокий человек, но человек, который мог бы творить или хотя бы просто еще какое-то время видеть небо, деревья, людей, читать книги. И нужно делать все возможное и невозможное, чтобы сохранить каждую жизнь.

Мои учителя внушали мне и моим однокашникам, что истинный врач, советский врач, должен бороться за больного до конца. Теперь у меня свои ученики, и я так же учу их, как в свое время учили меня, бороться даже тогда, когда, казалось бы, все резервы исчерпаны. В этом смысл нашего дела, нашей жизни.

Таких клиник, как наша клиника Института кардиологии АМН с отделениями «интенсивной терапии», теперь в стране много, и потому среди нас ныне живут десятки тысяч людей, которые по представлениям двадцатилетней и даже десятилетней давности должны были бы находиться «на том свете». В том числе многие тысячи вчерашних пациентов, которые пережили свою смерть — клиническую смерть и своим возвращением к жизни и творчеству обязаны именно неотложной кардиологии — новой клинической дисциплине, родившейся на моих глазах за какие-то двадцать последних лет.

В те же годы возник целый ряд новых научных дисциплин, и это само по себе было, говоря врачебным языком, симптоматично. Их рождение свидетельствовало, что наша медицинская наука и наша система государственного здравоохранения к этому времени завершили длинную цепь трудных неотложных задач, перед ними стоявших. С первых дней Советской власти организация лечебной помощи, профилактических и санитарно-противоэпидемических мер, из которых слагается дело здравоохранения, стала частью народнохозяйственных планов. Закон гарантировал каждому гражданину страны бесплатную квалифицированную медицинскую помощь — такова одна из основ социалистического образа жизни. Однако, чтобы закон и планы были воплощены в действительности, следовало создать для этого материальную базу.

Построить и оснастить десятки тысяч поликлиник, больниц, родильных домов. Открыть десятки новых медицинских вузов и сотни училищ и выучить в них сотни тысяч врачей и миллионы фельдшеров, акушерок и медицинских сестер. Каждый больной может попасть на прием к врачу, или вызвать врача на дом, или получить

место в больнице и необходимое лечение, только если больница и место, врачи и медсестры существуют наяву (ведь до революции не редкостью были целые уезды, в которых всю медицину олицетворял один-единственный фельдшер, да еще иногда обладавший научной эрудицией персонажа чеховской «Хирургии»).

Надо было организовать службу «Скорой помощи» и службу санитарной авиации, чтобы каждый пациент, где бы ни настигла его беда, мог быть доставлен туда, где ему окажут необходимую помощь. Создать промышленность медицинского оборудования, фармакологическую промышленность и службу переливания крови, чтобы обеспечить больницы инструментами, приборами, операционными столами, рентгеновскими аппаратами, лабораторной техникой, а больных необходимыми лекарствами и донорской кровью (в старой России ни такой промышленности, ни таких служб просто не было).

И, создавая этот материальный фундамент здравоохранения, надо было то и дело собирать все силы практической медицины и медицинской науки для отражения эпидемий, для искоренения опаснейших инфекционных заболеваний: чумы, холеры, сибирской язвы, натуральной оспы и сыпного тифа, о котором Ленин говорил на VII Всероссийском съезде Советов: «Или вши победят социализм или социализм победит вшей!» Стоило ликвидировать особо опасные инфекции, и стратегия здравоохранения потребовала сконцентрировать ресурсы на новых направлениях — на борьбе с малярией, с туберкулезом, с трахомой. Перестраивать противоэпидемическую службу, создавать исследовательские лаборатории, обучать новые кадры. А потом началась Великая Отечественная война и заставила сосредоточить все силы на борьбе с «травматической эпидемией» на фронте и на охране тыла от грозящих в условиях войны эпидемий инфекционных болезней, а после победы — на восстановлении здравоохранения в областях, пострадавших от гитлеровского нашествия.

Сердечно-сосудистые заболевания и проблемы их лечения и предупреждения существовали и прежде. Но они выступили в науке на первый план, когда вчерашние первоочередные проблемы перестали быть проблемами. Сложность новых задач потребовала специализации — рождения кардиологии, новой области врачебного дела.

Но она не стала бы столь действенной, практическая

кардиология, не будь у нее второго ее лица. Лица современной теоретической исследовательской дисциплины, сосредоточенной на расшифровке фундаментальных биологических закономерностей. На изучении электрофизиологии сердца и физиологии нервной и гормональной регуляции сердечно-сосудистой системы. На закономерностях тонких биохимических процессов, из которых слагается метаболизм сердечной мышцы — многообразные физико-химические процессы обмена веществ в ее клетках. На явлениях, происходящих не только на клеточном, но и на молекулярном уровне: например, на механизме «транспортировки» химической энергии от митохондрий — энергетических органов клетки — к сокращающимся миофибриллам, мышечным нитям.

И такие молекулярно-биологические и биофизические исследования, которые, по видимости, не нацелены на решение прямых медицинских задач, как только они были начаты, стали приносить практически важные знания, несравнимо высокие и количественно и качественно с теми, какие мы получали прежде от работ, казалось бы, здраво рассчитанных на получение непосредственного эффекта.

Кстати, все революционные скачки в развитии медицины в прошлом всегда были следствием не ее собственных узкопрактических изысканий, а крупнейших свершений естествознания, таких, как становление клеточной теории, как рождение бактериологии, как переворот в физиологии, свершившийся в конце прошлого и в нынешнем веке. То же произошло и сейчас, на моих глазах, в течение последних двадцати с небольшим лет.

Если бы года за полтора до окончания института, то есть в декабре 1951-го, кто-нибудь предсказал мне, что я стану кардиологом, я, пожалуй бы, удивился.

Во-первых, такой врачебной специальности, как кардиология, еще не существовало: была просто терапия — учение о внутренних болезнях. Кроме того, на четвертом-пятом курсе мне хотелось стать врачом-акушером. Человек, который хотя бы один раз принял своими руками на свет нового человечка, меня поймет. Прибавлю для оправдания, что почти любой студент-медик, пока дело дойдет до выпуска, сменит не раз... «мечтами легкие мечты». И, однако, это свидетельствует не о несерьезности, а о том, что любая из теоретических и практиче-

ских медицинских дисциплин равно способна увлечь. Я был не хуже и не лучше других...

Но окончательный выбор определила все-таки обстановка, в которой я вырос: моя мать была терапевтом, ее друзья и сослуживцы были терапевтами, а я — сначала мальчишка, потом студент, потом «без пяти минут врач» — волей-неволей все время «варился» в их профессиональной среде, в их разговорах, в их заботах. И наконец, роль «последней капли» сыграли замечательные лекции профессора Александра Леонидовича Мясникова — он читал курс госпитальной терапии.

Традиции в 1-м Московском медицинском институте, где я учился, были давними и прочными. Ведь институт прежде был факультетом первого русского университета, основанного М. Ломоносовым. Кафедры, как правило, возглавляли крупнейшие ученые — здесь на медицинском факультете университета в свое время преподавал И. Сеченов. А после революции именно в этих стенах сложились виднейшие школы советской медицинской науки — достаточно упомянуть школу Николая Ниловича Бурденко, положившую начало нашей нейрохирургии. Каждая школа открывала новое оригинальное направление научного поиска. Будущих врачей воспитывали строго. Всячески предостерегали, чтобы не скатывались к «фельдшеризму»: к нахватыванию поверхностных навыков в диагностике и стандартных схем лечения.

У нас было много отличных профессоров. И все же никто не произвел на меня такого впечатления, как Александр Леонидович Мясников. Он был не только прекрасным врачом, тонким, умным клиницистом и очень крупным ученым — по моему убеждению, до сих пор не оцененным до конца. На кафедре он был еще и артистичен. У него и голос-то был актерский, поставленный. И интонации. И жесты. Он нас просто завораживал. Ну а что делает студент, если учитель его заворожил? Он начинает читать его работы.

И я стал читать работы Мясникова и его учителя Георгия Федоровича Ланга о гипертонической болезни. Тогда эти работы были последним словом науки. Написаны они были превосходно. Мысли их были ясны, как все было ясно и просто в классическом нервизме, на котором, начиная с И. Сеченова, С. Боткина, И. Циона и их ученика и преемника И. Павлова, выросла русская

экспериментальная и клиническая медицина, да и не только русская.

Г. Ланг и А. Мясников называли гипертоническую болезнь «сосудистым неврозом». Они предположили, что под влиянием чрезвычайных раздражителей — конфликтных ситуаций, эмоциональных потрясений, — как и при классических неврозах, хорошо описанных школой Павлова, происходит перенапряжение нервных процессов в коре головного мозга, нарушается нормальная их динамика, но результат получается особый. Нарушения корковых процессов распространяются на другие отделы мозга. Развивается стойкое возбуждение «прессорных» нервных центров, которые регулируют тонус сосудов. Центры посылают постоянный поток патологических импульсов, и, как следствие, происходит генерализованное стойкое повышение артериального давления.

Двадцать лет назад такие представления казались исчерпывающими. Это сейчас мы знаем, что они охватывали далеко не все стороны происходящих в организме процессов. Однако во взглядах Г. Ланга и А. Мясникова была истинно пророческая прозорливость. Их нейрогенная теория оказалась для науки важным шагом вперед. Они твердо выделили гипертоническую болезнь как самостоятельную форму патологии, вызываемую определенной группой причин. До этого многие медики полностью отождествляли ее с «симптоматической гипертонией», которая является следствием другого заболевания — например, инфекционных и токсических поражений почек. (Стоит прибавить, что еще в 1958 году в США была проведена специальная конференция, посвященная 25-летию первого экспериментального воспроизведения почечной гипертонии, и все зачитанные на ней доклады были нацелены на то, чтобы сохранить старую теорию неизменной, вопреки расходившимся с ней новым фактам. Зато сейчас крупные зарубежные физиологи — Фолков (Швеция), Генри (США) и другие — на экспериментальном материале заново пришли к нейрогенной теории, и, например, Генри был весьма удивлен, когда узнал, что эта концепция сложилась у нас уже около тридцати лет назад.)

Формулируя свою теорию, Г. Ланг и А. Мясников исходили из огромного клинического материала, в том числе из трагических наблюдений времен блокады Ленинграда, в дни которой Г. Ланг работал в обстреливае-

мом гитлеровцами городе. Ему и его ученикам пришлось столкнуться с особой «молниеносной», быстро развивающейся формой гипертонической болезни, которая так и была названа «ленинградской», или «блокадной гипертонией». Связь этого заболевания с чрезвычайными эмоциональными потрясениями, пережитыми людьми, которых поразила болезнь, была несомненна. Психические травмы и различные нервные перегрузки были выявлены и у большинства больных с обычными формами гипертонии, которая дала четкий «всплеск» в послевоенные годы — сказались перенесенные людьми испытания и горести. Однако долгое время исследователям не удавалось получить достоверных подтверждений нейрогенной теории в эксперименте. Эти подтверждения были впервые добыты сотрудниками Института экспериментальной патологии и терапии в Сухуми лишь в 1959—1960 годах — им удалось сильными нервными перегрузками вызвать у обезьян повышение артериального давления и даже поражения миокарда.

Кроме того, теория не давала ответа на закономерный вопрос: почему при равных условиях у одних людей развивается «сосудистый невроз», у других обычный невроз, у третьих, допустим, язвенная болезнь, а четвертые остаются здоровыми. (Четкого ответа, кстати, не получено до сих пор.)

К тому же постепенно стало выясняться, что теория охватывает не все звенья процесса, что изменения, которые происходят в организме и приводят к развитию гипертонической болезни, а затем к атеросклерозу, к поражению сосудов сердца и инфаркту, не укладываются в «чисто нервную» цепочку: функциональные нарушения в коре головного мозга — стойкое возбуждение подкорковых прессорных центров (сосудистый невроз) — гипертония как его следствие.

Когда Г. Ланг и А. Мясников формулировали свою теорию, медицина располагала более чем скромными, по нынешним меркам, исследовательскими возможностями.

Клиническая физиология, то есть физиология, изучающая непосредственно деятельность человеческого организма в норме и при патологии, тогда только рождалась. А врач-практик располагал в первую голову фонендоскопом, чтобы выслушивать сердце, тонометром для измерения артериального давления, собственной па-

мятью, в которой должен был сохранять облик больных при разных формах патологии, и наблюдательностью, позволявшей (или не позволявшей) оценивать на глаз изменения в состоянии пациента. Из множества возможных биохимических сдвигов, характерных для сердечно-сосудистых болезней, как правило, измеряли лишь колебания уровня холестерина в крови. К электрокардиографии прибегали лишь эпизодически. Кардиограмму, сделанную в трех-девяти стандартных отведениях, психологически воспринимали как фотографию, как портрет сердца. В голову еще не приходило искать не одни только «раны» или «шрамы», а динамику даже незначительных изменений электрических потенциалов сердечной мышцы. Жестче говоря, мы еще не знали, сколько и какой именно информации нужно получать от электрокардиографии и от биохимии и как ее можно получить.

После института меня оставили при кафедре Мясникова, но не в аспирантуре — для занятий наукой и, как водится, какой-то определенной проблемой, а в клинической ординатуре — для трехлетнего усовершенствования в практической терапии, по всем ее разделам. И я прилежно старался стать терапевтом широкого профиля. Я бывал на всех обходах Мясникова, слушал его разборы, сам вел больных, меня постоянно экзаменовали старшие сотрудники кафедры. Хотелось заниматься наукой — мне предложили изучить изменение содержания в крови фермента гиалуронидазы на разных стадиях ревматического процесса. (В те годы ревматизм был для терапии такой же первостепенной проблемой, как ныне ишемическая болезнь сердца.)

Однако биохимическая направленность темы, которую мне предложили, была, так сказать, симптомом тех перемен, что уже происходили в нашей науке: в нее внедрялись новые методики, которые позволяли исследовать довольно тонкие процессы.

После защиты диссертации А. Мясников перевел меня в Институт терапии АМН, который он возглавлял одновременно с кафедрой, и перетянул из ревматологии в свою область — кардиологию. С этого момента и началось мое настоящее учение у Мясникова — он был прямым руководителем моих работ семь лет, до последнего дня своей жизни.

Мой переход в кардиологию совпал с серьезными изменениями в медицинской науке.

Все их не перечислить, а примером может послужить электрокардиография, тем более она была уже затронута.

Она была создана в начале нашего века голландским физиологом Эйнтховеном и утвердилась как метод экспериментальной физиологии и клинической медицины во многом благодаря трудам замечательного нашего ученого — академика Александра Филипповича Самойлова (голландцы, всегда весьма ревнивые ко всему, что составляет честь науки их небольшой страны, называли А. Самойлова «русским Эйнтховеном»).

И вот электрокардиографический метод, казалось бы, уже устоявшийся, пережил в середине 50-х годов свое второе рождение в клинике. И произошло это потому, что свершился большой скачок в электрофизиологии сердца: появилась более совершенная аппаратура, и, поскольку, как говорил Павлов, «для натуралиста все дело в методе», возникло новое понимание биофизического механизма образования электрокардиограммы. Поэтому, переняв новые приборы и новые знания, клиницисты научились читать в электрокардиограмме отражение динамики процессов, происходящих в сердечной мышце, в том числе с помощью различных функциональных проб — физических нагрузок, иногда минимальных, введения некоторых медикаментов, которые служат как бы индикаторами и т. д.

Клиническая физиология, а с нею и кардиология, как самостоятельный раздел терапии, получили мощный стимул «извне» — от двух новых и весьма, казалось бы, далеких друг от друга направлений науки — от хирургии сердца и космической медицины.

Именно они, хирургия сердца и космическая медицина, потребовали для себя новых физиологических методов исследования, новых приборов и приемов точной функциональной диагностики. И хотя в одном случае речь шла о диагностике состояния тяжело больного человека, в частности—о непрерывном контроле его состояния в ходе самой операции и в наиболее острые моменты послеоперационного периода, а в другом случае — о непрерывном контроле за человеком совершенно здоровым, но оказывающимся в чрезвычайных, в «экстремальных» условиях космического полета, требования и задачи, поставленные обоими направлениями перед физиологами и клиницистами, совпадали.

Я помню, как хирурги с кафедры Бориса Васильевича Петровского приходили к терапевтам кафедры А. Мясникова учиться выслушивать сердце: новые методики само собой, а старое врачебное искусство никто не собирался отбрасывать, и терапевты умели слушать лучше, чем хирурги. Зато и все новые диагностические методы мы осваивали вслед за хирургами. Терапевты были привлечены к делам анестезиологии и реанимационной терапии, которая ведется в острых хирургических ситуациях — при крайних состояниях, при клинической смерти. Происходило постоянное освоение новых знаний и методик, и в итоге они утверждались в обеих смежных областях, и в хирургической и в терапевтической кардиологии. К тому же в 1957—1960 годах существовал еще лишь первый и тогда единственный специализированный Институт грудной хирургии (ныне Институт сердечно-сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева). А специальные исследовательские лаборатории по космической медицине были либо молоды, либо в замыслах. И сам полет человека в космос был еще мечтой, хотя и мечтой реальной. Поэтому к разработкам — и для нужд грудной хирургии, и для космической медицины — привлекались сотрудники нехирургических и «некосмических» клиник и лабораторий.

Большую роль в организации тех и других исследований сыграл покойный Василий Васильевич Парин, человек очень широкого кругозора и хорошего организаторского таланта, наделенный тонким чувством нового. Он безошибочно ощущал, что прогресс и космической медицины, и клинической физиологии, и кардиохирургии, и терапевтической кардиологии равно зависит от решения одних и тех же конкретных проблем. Успех в любой из этих областей будет успехом для всей медицины. Он добивался внедрения новых электрофизиологических методик функциональной диагностики — В. Парин недаром был учеником А. Самойлова. Он много сделал также и для развития медицинской кибернетики, и здесь благом для нас оказались не столько сами автоматические и электронно-вычислительные системы, сколько внедрявшиеся вместе с кибернетикой принципы современного естественнонаучного мышления.

Кстати, не без участия В. Парина я тоже оказался вовлеченным в экспериментальную работу, результаты которой увидели свет в одном из первых сборников, по-

священных проблемам космической медицины. В ней мы моделировали возможные последствия гиподинамии — отсутствия физических нагрузок при длительном пребывании в невесомости, тогда еще совсем таинственной. Выглядел эксперимент просто: мы укладывали испытуемых, совершенно здоровых людей, в постель на 20 суток — все это время им полагалось лежать по возможности без движения. А после такого режима их крутили на центрифуге, воспроизводя примерно такие перегрузки, какие, по тогдашним представлениям, должны были возникать при торможении корабля, возвращающегося с орбиты на Землю. На всех этапах этого растянутого во времени опыта изучались реакции сердечно-сосудистой системы и биохимические сдвиги в крови. (Я понимаю, что нынешнему космическому медику, располагающему данными непрерывных телеметрических наблюдений за состоянием космонавтов на протяжении пятидесятисуточного полета, эти методики и материалы покажутся несколько наивными, но все всегда начинается с наивного. Кстати, в это время вместе с нами работал и Юрий Александрович Сенкевич, который после исследования гиподинамии ринулся в работу с большими физическими нагрузками — отправился сначала в Антарктическую экспедицию, а затем судовым врачом в плавание с Туром Хейердалом на папирусных лодках «Ра-1» и «Ра-2» и выполнил тут и там ряд исследований по физиологии и экспериментальной психологии. (Он теперь всем хорошо знаком по телепередачам «Клуба кинопутешествий».)

Но эта работа была, пожалуй, единственным моим уклонением от дела, оказавшегося главным на всю жизнь. А главным для меня всегда оставалось врачевание. Лечение тяжелых поражений сердечно-сосудистой системы, в первую очередь — инфаркта миокарда.

Это не единственная форма патологии, с которой приходится иметь дело кардиологу. Но рассказ о других потребовал бы массу дополнительных специальных разъяснений, а почти каждый читатель в общем-то знает, что инфаркт — это поражение сердечной мышцы, вызванное закупоркой одной из коронарных, что то же, венечных артерий, которые снабжают сердце кровью, а следовательно, кислородом и питательными веществами. К тому же инфаркт наиболее частая форма сердечно-сосудистой патологии. И еще важно другое — во врачебной такти-

ке и в развитии наших теоретических представлений о механизме сердечно-сосудистых поражений именно на инфаркте, «в одной точке», сошлись, пожалуй, все проблемы нашей «единой в двух лицах» медицинской дисциплины.

Началось все с пересмотра тактики.

В годы, когда из меня «делали терапевта», грозный диагноз «инфаркт» был одновременно приказом не трогать, не шевелить пациента, не перевозить оттуда, где его настигла беда, — если только есть малейшая для этого возможность. В лучшем случае больного отправляли в ближайшую, подчас не самую подходящую больницу, боясь погубить несколькими лишними километрами пути. Диагноз как бы парализовывал врача. И ему предстояло бороться со спазмом венечных сосудов, с болевым шоком, с острой сердечно-сосудистой недостаточностью в амбулаторных условиях!..

Но в 1958—1959 годах у нас, во-первых, изменились представления о механизме заболевания. Мы перестали относиться к инфаркту как — условно говоря — к ранению, к почти мгновенному поражению сердечной мышцы, масштабы которого раз и навсегда фатально предопределены.

Накопленный опыт и новые диагностические возможности привели к тому, что мы стали ощущать протяженность патофизиологических событий развивающегося заболевания во времени, а с этим и возможность в них вмешаться, приостановить, уменьшить последствия. В прошлом, когда нужных средств не было, все возможное достигалось покоем (увы, «возможное» было невелико). Теперь же, на новом этапе, светлой памяти Владимир Никитич Виноградов решил полностью перевернуть всю тактику лечения инфаркта.

Первым звеном новой тактики было создание специализированных «инфарктных» бригад «Скорой помощи». Поликлиническим врачам и службе «неотложной помощи» дали категорическую инструкцию вызывать эти бригады при подозрении на инфаркт, при наличии приступа стенокардии, который не удается прервать в течение двух часов от его начала. Специализированные бригады оснастили электрокардиографами, аппаратурой для управляемого дыхания, наркозными аппаратами, аппаратами для электрической дефибрилляции сердца. Врачей бригад специально обучили методам реанимации

и перед ними поставили задачу во что бы то ни стало вывести пациента из состояния острой сердечно-сосудистой недостаточности, если оно возникло, и доставить его в стационар под наркозом, если это необходимо, чтобы избежать шока. (Кстати, недавно доктор Лаун из Бостона прислал мне свою статью, опубликованную в «Нью-Йорк таймс», о том, как он и его коллеги переняли наш опыт транспортировки инфарктных больных под наркозом и использования наркоза закисью азота для предупреждения и лечения кардиогенного шока в условиях стационара.)

Второе важнейшее положение новой тактики заключалось в том, что пациент должен быть госпитализирован не просто в стационар, а в стационар *специализированный* — в одно из отделений «интенсивной терапии», которые стали тогда же создавать в ряде клиник. В Москве первые такие отделения были созданы в нашем институте и в клинике 1-го мединститута, которой руководил В. Виноградов, — это отделение возглавил В. Попов (ныне профессор). Затем такие отделения были развернуты в других клиниках, и постепенно центры неотложной кардиологической помощи в крупных больницах города появились практически для каждого столичного района свой. То же самое было создано в Ленинграде, Киеве, Новосибирке, Новокузнецке и других городах, и у нас в стране возникла новая специализированная медицинская служба. Конечно, на ее создание ушли годы, оно и сейчас еще продолжается.

Важно, что теперь наши пациенты попадают в отделения, оснащенные всем арсеналом современных средств для диагностики и лечения, в руки специально подготовленных медиков. Среди многих явлений, усугубляющих состояние больного при инфаркте, врачу, например, приходится, как правило, бороться либо с длящейся артериальной гипертонией, либо — наоборот — с резким падением давления, с сосудистым коллапсом.

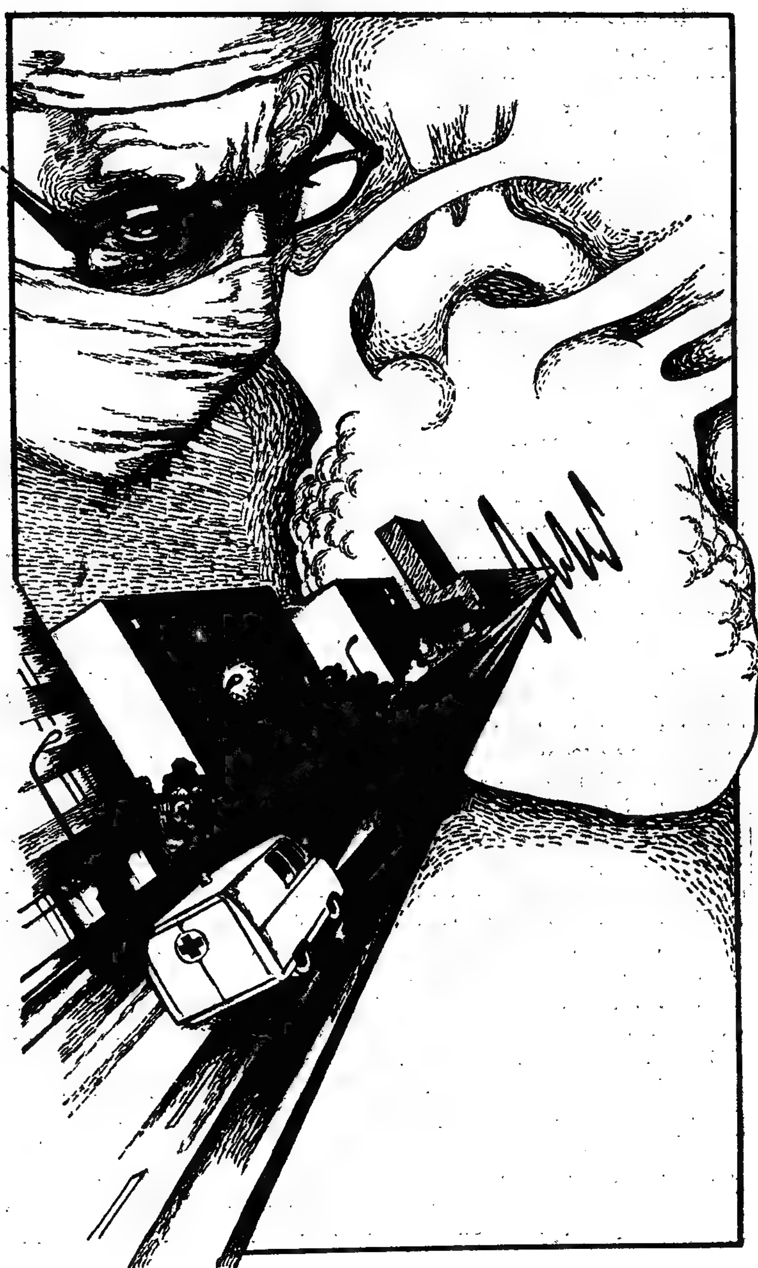
Продолжающийся гипертонический криз создает угрозу увеличения размеров поражения сердечной мышцы. Коллапс — непосредственная опасность для жизни. И я никогда не забуду, как в годы моей врачебной молодости на моих глазах были впервые применены два средства, позволившие справляться с обеими этими опасностями.

Первым из них был дибазол — теперь столь привычное, традиционное лекарство. Его синтезировали советские химики — руководителем работы был Б. Порай-Кошиц. После фармакологических исследований в лабораториях С. Аничкова и Н. Лазарева препарат был передан для испытаний в клинику, где я проходил ординатуру. У нас лежали больные, у которых мы не то что многими часами, а сутками не могли добиться снижения артериального давления. И вдруг появляется дибазол. Ты вводишь в вену 3—4 кубика, и ничему не поддававшийся гипертонический криз прерывается, как у нас говорят, «на кончике иглы»! А спустя два года точно так же А. Виноградов, тогда сотрудник клиники А. Мясникова, принес в отделение первые ампулы мезатона. И у пациента, находившегося в состоянии тяжелейшей сосудистой недостаточности — бледно-серое лицо, холодный пот, пульс почти не прощупывается, давление не определяется, — стоило ввести препарат, и на лице стали проступать нормальные краски, а тонометр стал показывать приличные цифры артериального давления: только что ты, врач, был беспомощен, и вдруг в твоих руках оказался не просто шприц, а склянка с «живой водой».

К сожалению, «живой воды» не существует. И не раз случалось, что препараты, при первых применениях показавшиеся чудодейственными, оказывались по разным причинам неудачными. Но мезатон как средство борьбы с коллапсом и дибазол как противогипертоническое средство честно служат нам по сей день — вместе с другими появившимися позднее препаратами.

И вот что важно: почти все современные лечебные средства пришли к нам не в результате эмпирических находок, а в итоге рождения новых представлений о механизмах взаимодействия нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма, о развитии патологического процесса.

Важную роль сыграли работы канадского патофизиолога Ганса Селье о стрессе — «общем синдроме адаптации» (то есть приспособления) и о «заболеваниях адаптации». В них было установлено значение эндокринной системы «гипофиз — надпочечники» в процессах адаптации и в развитии этих заболеваний. Вырабатываемые надпочечниками гормоны — катехоламины (адреналин, норадреналин) и кортикостероиды (кортизон и др.) предопределяют и сосудистые реакции, и из-



менения обмена — в частности, обмена электролитов. Известную роль в этих событиях играет и вырабатываемый почками ренин.

Другой известный патофизиолог, американец Рааб доказал в своих исследованиях значение состояния симпатической нервной системы и связанного с нею комплекса гормонов — катехоламинов в регуляции деятельности сердечно-сосудистого аппарата. Кстати, в свое время важные работы в этой области проводились у нас академиком Л. Орбели и его сотрудниками, но, к сожалению, в годы господства ортодоксального нервизма факты, доказывавшие, что наряду с нервным путем сосудистой регуляции есть и путь гормональный и что не все идет «от коры», отказывались признавать.

К началу 60-х годов наметилось четкое стремление к синтезу всех накопленных знаний, и теория стресса и нейрогенная теория стали сближаться, не исключать, а дополнять одна другую. Сейчас большинство экспериментаторов и клиницистов склонны рассматривать стресс как состояние мобилизации, напряжения всех регуляторных механизмов, в определенных случаях перерастающее в их срыв под влиянием действия факторов чрезвычайной силы или суммации избыточного числа факторов обычной силы, к которым организм должен приспособиться. Когда приспособительная задача чересчур тяжела, организм отвечает извращенными нервными, гормональными и сосудистыми реакциями, изменением электролитного обмена и т. д.

Представления о механизмах стресса в последние годы расширились. В частности, доказано также участие в них высших отделов центральной нервной системы.

Но вряд ли мне стоит углубляться в детали далее — ведь моя задача здесь не в том, чтобы излагать подробно все, что знает сейчас кардиология, и не в том, чтобы составить хронологически последовательную летопись событий. Достаточно, чтобы читатель ощутил, как эволюционировали наши представления и что из этой эволюции получила практика.

Приобретя новые знания о роли гормональной системы и симпатической нервной системы в механизмах развития гипертонической болезни, инфаркта миокарда и других сердечно-сосудистых заболеваний, мы стали в одних случаях применять препараты-ганглиоблокаторы, воздействующие на симпатические нервные узлы. В дру-

гих — средства, препятствующие действию того или иного гормона, или, наконец, вещества, компенсирующие нарушения баланса электролитов, например, калия или магния. (Должен оговориться, что это лишь приближенное, грубое объяснение характера действия современных лекарственных препаратов — механизм их работы очень тонок и сложен и результат выглядит так лишь, как говорится, «в двух словах».)

Современный кардиолог почти в каждом случае прибегает теперь к комплексу средств — и те наши пациенты, которые любят знать, чем их лечили, а заодно и давать затем «по собственному опыту» медицинские советы своим знакомым, не случайно путаются в изобилии новых неведомых им названий препаратов, тем более что некоторые из них оказываются сходными по действию, а названия — нередко просто синонимами.

Регулируя медикаментами тонкие биохимические процессы, мы можем избегать угрожающих последствий заболевания. Если лечение начато своевременно — предупредить развитие инфаркта. В другом случае — приостановить процессы начавшегося поражения сердечной ткани и уменьшить масштаб беды. Наконец, мы помогаем организму справляться с происшедшей катастрофой — функционировать в крайне неблагоприятной для него ситуации.

Но пока что кардиология и кардиологическая служба предстали в моем рассказе, пожалуй, скорее все-таки в традиционно-терапевтическом облике. Нетрадиционными выглядели лишь специальные бригады «Скорой помощи» с их наркозными аппаратами, их оснащением для реанимации, которое, к счастью, приходится пускать в дело даже не каждую смену, да и под наркозом перевозят лишь немногих больных — кому это необходимо. В последующем же пока ничего необычного.

...Традиционный врачебный осмотр, выслушивание сердца, подсчет пульса, измерение давления. Правда, более серьезные и частые электрокардиографические и биохимические исследования. Конечно, режим, уход и все те же инъекции и те же таблетки. Вот разве препараты новые... Но, впрочем, режим уже иной. Теперь от больного не требуют непременного неподвижного месячного лежания на спине: упаси бог повернуться!

Полный покой, естественно, нужен в критические мо-

менты болезни. Но затем, как выяснилось, гиподинамия становится из блага злом, и чем дальше, тем большим. И поэтому мы рано активизируем больных: если раньше пациенту, перенесшему инфаркт, на 21-й день разрешали ворочаться в постели, то теперь к этому времени мы заставляем его ходить.

А в своем нетрадиционном облике нынешняя кардиология предстает у постели самых трудных своих пациентов. Тех, у кого в первые часы заболевания (или позднее) возникли нарушения сердечного ритма или состояние коллапса, либо другие тяжкие осложнения, встречающиеся при инфаркте и иных видах патологии, нам «подведомственных». Либо тех, кому такие осложнения угрожают, — это иногда можно предвидеть.

Тут уж пациента соответственным образом подготавливают к перевозке, приводя его в «транспортабельное состояние». И везут его непременно под наркозом. И помещают не просто в специализированное отделение клиники, а в его «святая святых» — в «палату интенсивного наблюдения».

В ней в каждом отсеке установлена мониторная система. Экраны кардиоскопов (одни у кроватей больных, другие на пульте наблюдения) непрерывно воспроизводят самые важные детали кардиограммы всех пациентов, находящихся в палате. Специальные блоки этой системы фиксируют данные о частоте дыхания и уровне артериального давления. И как только возникает малейшее нарушение сердечного ритма или изменение зубцов кардиограммы, либо падение или повышение давления, автоматическая следящая система зафиксирует их в своей электронной памяти, запишет на бумажной ленте и тотчас же включит сигнал тревоги — конечно, не сирену, а электроколокольчик с негромким мелодичным звуком, пожалуй, более приятным, чем у модных теперь дверных звонков (но этот негромкий бой для персонала — как сирена). Прибавлю, что мониторные следящие системы теперь будут подключаться к электронно-вычислительным машинам, чтобы фиксировать и сами «происшествия», и реакцию персонала и обрабатывать этот материал статистически, дабы он стал основой для совершенствования наших знаний о наиболее тяжелых вариантах течения болезни и для совершенствования организации дела и врачебной тактики.

Всем пациентам, у которых наблюдаются нарушения ритма, мы вводим через крупную вену зонд в полость сердца. Электрод, в нем расположенный, позволяет снимать внутрисердечную кардиограмму, а если выявляются поражения проводящей системы сердца, то при помощи электрического стимулятора сердцу пациента навязывается целесообразный ритм. К слову говоря, электрическую стимуляцию ритма теперь применяют уже и бригады кардиологической «Скорой помощи»: при необходимости врач вкалывает через кожу в сердце больного иглу-электрод, соединенный с миниатюрным — размером с пачку сигарет — прибором, и включает стимулятор. А некоторые, уже поставленные на ноги больные, если у них остались серьезные нарушения ритма, годами живут с электродом в сердце и стимулятором в нагрудном кармашке. (Его просто надо перезаряжать раз в три года.)

Итак, новых знаний о механизме заболевания, какими мы располагаем сегодня, современных средств диагностики, новых схем лечения, препаратов и более активного режима оказывается достаточно, чтобы только благодаря им около 80 процентов людей, перенесших инфаркт, а иногда и дважды и трижды, теперь возвращались не только к жизни, но и к полноценному творческому труду. (Напомню горестную статистику 40-х годов: 60 процентов погибали в течение года от начала болезни.)

Но вернемся в палату интенсивного наблюдения.

Здесь работа кардиолога временами действительно совпадает с той, какая ведется в операционных хирургической клиники и в реаниматологическом послеоперационном отделении. Мы применяем наркоз и искусственное дыхание с помощью специальных аппаратов. Вводим лекарства через катетер непосредственно в венечные сосуды сердца. Мы восстанавливаем нормальную деятельность сердца дефибрилляцией — разрядами постоянного тока высокого напряжения — до 5—7 киловольт.

Этот метод — дефибрилляция сердца постоянным током — гордость советской медицины.

Его теоретические основы были разработаны Н. Гурвичем и Г. Юньевым еще до войны, а в послевоенные годы профессор Н. Гурвич с сотрудниками сконструировали надежный аппарат для дефибрилляции. Первым его применил при операции на сердце покойный акаде-

мик А. Вишневский, а затем дефибрилляция прочно вошла в сердечно-сосудистую хирургию, в реаниматологию и в нашу, все-таки терапевтическую область медицины. Зарубежные медики, которые в 50-х годах не очень-то интересовались русскими публикациями, разрабатывали и применяли дефибрилляцию переменным током. Но результаты у них получались неважные, ибо в отличие от постоянного тока переменный дает ряд опасных побочных явлений, часто сводящих эффект на нет. Теперь же методика, созданная в Советском Союзе, получила признание всего медицинского мира, а у нас ею владеют врачи даже сельских больниц.

Начиная этот рассказ, я упомянул, что сегодняшняя кардиология в своих теоретических поисках сосредоточивается на фундаментальных проблемах современного естествознания и получает неожиданно богатую отдачу. Мой собственный интерес ко всему происходившему и происходящему в современной биохимии, молекулярной биологии и близких к ним дисциплинам, правда, всегда подогревался тем, что с первых самостоятельных шагов в науке мои собственные изыскания — хоть это и были работы медика-клинициста — все-таки имели биохимическую окраску. Ведь начал я с изучения содержания фермента гиалуронидазы при разных формах ревматического процесса. А последующая работа на много лет оказалась связанной с изучением другого фермента — фибринолизина.

...Причина инфаркта, как правило, — тромбоз одной из ветвей венечных артерий сердца, то есть ее закупорка сгустком крови. Кажется, ничего нет проще — убери сгусток, и чем скорее, тем лучше: ведь голодающий участок сердечной мышцы может ожить —и нет инфаркта! Не случайно хирурги еще до войны стали искать пути восстановления кровообращения в пострадавшей сердечной мышце, а в 50-х годах академик А. Бакулев развернул в Институте грудной хирургии отделение для экстренных операций — в него доставляли инфарктных пациентов в первые сутки болезни. Правда, тогдашние методики не позволяли точно установить, где именно засел тромб, поэтому целью тех операций было не извлечение тромба, а создание окольных путей кровоснабжения пораженного участка сердца.

В итоге долгих поисков родились очень серьезные методики операций на венечных сосудах сердца — на-

пример, сшивание внутренней грудной артерии с участком коронарной ниже места ее закупорки, которое разработал ленинградский хирург В. Колесов, или замена выключенного участка сосуда протезом из кусочка вены, предложенная американцами (есть и другие методики). Но эти операции все же утвердились как способ лечения последствий поражения, а не острого инфаркта.

Острый инфаркт, острый тромбоз венечной артерии остался задачей терапевтов. И если хирургу необходим скальпель, терапевт действует без ножа.

Давно было известно, что в тканях организма вырабатывается антикоагулянт, то есть вещество, препятствующее свертыванию крови, — гепарин. Гепарин, выделенный из тканей животных, многие годы применяют при лечении ишемической болезни сердца и других недугов, дабы предотвратить образование тромбов или приостановить его. И давно было также известно, что организм вырабатывает фермент, лизирующий, то есть растворяющий, белок кровяного сгустка — фибрин.

Когда я перешел из общей терапии в кардиологию, проблема поиска антикоагулирующих и фибринолитических препаратов довольно бурно обсуждалась в научной литературе. Американские исследователи, например, искали способы активизировать фибринолизин, который в плазме крови содержится в недеятельной форме «профермента». Позднее они создали такой препарат — стрептокиназу: его получают из культуры определенной разновидности бактерий—стрептококков. Мне же виделся более действенным другой путь — вводить в кровяное русло пациента фибринолизин, извлеченный из донорской крови.

Но это только сказать легко: «извлечь», «ввести», «растворить тромб». А окончательно проблема фибринолитических препаратов не решена еще и по сей день, хотя прошло почти двадцать лет, сделано в этой области немало: и за рубежом и у нас такие препараты уже применяются. Тогда же, побившись лбом о разные трудности, я скооперировался с двумя видными физиологами из МГУ — Б. Кудряшовым и Г. Андреенко. В результате довольно долгой и нелегкой работы препарат был получен и изучен. Мы доказали, что он в эксперименте не вызывает опасных иммунных реакций (это

все-таки белок) и в опыте, несомненно, растворяет тромбы.

В пробирке у нас все хорошо получалось, все казалось просто. Стали мы нашу работу докладывать в институте, а материал-то, конечно, дискуссионный, да и разбирают его люди разочарованные! (Трудно представить себе, какими скептиками сделались к своему закату некоторые из ученых — коллег старших поколений: ведь столько раз за прожитые ими годы рушились надежды на новые методики и лечебные средства, которые создавались при старом уровне знаний!..)

Все наши недоработки были, понятно, замечены, но оценили их не как естественные упущения, а как «грязь в эксперименте» и даже научный блеф. И кое-кто из наших оппонентов накинулся на А. Мясникова — вот, мол, что тут развел ваш ученик.

Он пригласил меня для беседы. Стал расспрашивать о работе. Придирчиво со всеми материалами ознакомился и неожиданно для наших оппонентов это дело благословил:

— Продолжайте!

У него было удивительное чувство нового, несмотря на годы, — не дай мне бог с возрастом утратить это чувство! И он никогда не боялся упреков, что он вот ради призрачного успеха, ради честолюбия поддерживает «сомнительные работы молодых выскочек».

Мой учитель и в самом деле был честолюбив, но разве ученый не должен быть честолюбив? Ведь иначе он не будет азартен в поиске! Ведь настоящее честолюбие в том, что ты что-то сделал, познал и ты — первый! (Или сделали, познали и стали первыми твои ученики!) Мещанин скажет: мол, это ради славы. Но тут надо различать истинное честолюбие и ложное.

Истинное — ради дела.

И кстати, А. Мясников по праву гордился тем, что Международная ассоциация кардиологов наградила его золотым фонендоскопом. Ведь в самом же деле, проанализировав многолетний труд множества ученых, ассоциация отметила тогда этим отличием всего четырех: Уайта — из США, Леана — из Франции, англичанина Пикеринга и советского русского кардиолога А. Мясникова.

Но закончу о фибринолизине.

Работу мы продолжили. Многое уточнили. Получили

результаты клинических испытаний. Столкнулись с множеством сложностей. Продвинуться вперед удалось, когда был освоен метод зондирования венечных артерий и контрастное вещество научились вводить прямо в коронарные сосуды, — это дает возможность при рентгеновском исследовании устанавливать, какая именно артериальная веточка и на каком участке затромбирована. Точно так же мы стали затем подавать лекарственные препараты через зонд прямо в артерию — к тромбу, чтобы там, на месте поражения, создать очень высокую концентрацию нужного вещества. (Если бы мне в молодости сказали, что мы станем влезать инструментом в венечные сосуды живого человека, нипочем бы не поверил!..)

Результаты начали получаться много лучше прежних, но, увы, еще не такие, какие нужны в каждом случае. Протеолитические ферменты все же слишком быстро разрушали и фибринолизин и стрептокиназу. Надо было защитить препарат от защитной реакции организма, и здесь пришлось искать помощи у современной химии и биохимии.

Снова придется сделать отступление.

...Одно дело — интересоваться тем, что происходит в теоретическом естествознании, и совсем другое — поставить исследования так, чтобы они стали служить непосредственно для твоей области прикладной науки. Тем более у медиков издавна бытует недоверие к биохимикам с биологическим и химическим образованием — мол, они не могут понять специфику медицины, а эти биохимики и биофизики, грешным делом, свысока поглядывают на медиков, в том числе и на медиков-биохимиков — мол, они слишком узко смотрят на вещи (кстати, нечего греха таить, не без некоторых оснований).

Пять лет назад я пришел к твердому убеждению, что без современных работ на молекулярном уровне кардиология больше обходиться не может, и предложил организовать в Институте кардиологии новую лабораторию. В те дни уже обсуждались планы создания Всесоюзного кардиологического научного центра, и лаборатории предстояло в будущем составить ядро его теоретического отдела.

Со мной тогда уже работал (и сейчас работает) профессор В. Смирнов, серьезный специалист по биохимии ферментов, истинный молекулярный биолог и

генетик. И когда я ему предложил возглавить новую лабораторию, он стал меня уговаривать:

— Давайте возьмем к себе не медиков, а химиков и биохимиков, не погрязших в медицине!..

И мы набрали в эту лабораторию молодых ребят, учеников покойного академика А. Белозерского, сотрудников знаменитого университетского «молекулярного корпуса» (то есть Межфакультетской лаборатории биоорганической химии МГУ).

В этой новой нашей лаборатории группа, которую возглавляет химик В. Торчилин, стала заниматься проблемой иммобилизации ферментов, то есть связывания — например, фибринолизина или стрептокиназы — с поверхностью частиц специального вещества-носителя, которое защитит препарат от разрушения протеолитическими факторами.

Сейчас лечение ферментами признано одной из перспективнейших методик и проблема, с которой мы столкнулись, мучает всех, кто этим занимается. Фиксацию ферментов на носителе разрабатывают во многих странах. Американский химик Чанг добился очень хороших результатов: создал микросферические полиамидные капсулы. Но его носитель неприродный, а это вызвало новые сложности.

И вот, решив целый ряд очень тонких и очень специальных вопросов, В. Торчилин со своими сотрудниками создали очень удачный полимер-носитель, близкий к природным полисахаридам и потому не вызывающий побочных реакций, а главное, спустя нужное время рассасывающийся в организме. В эксперименте на животном, вводя в сосуд в сто раз меньше фибринолизина, связанного с этим носителем, чем мы вводили обычно в кровеносное русло, удалось создать в зоне тромба концентрацию в десять тысяч раз большую, чем это удавалось раньше. И полное рассасывание тромба в крупной артерии произошло через полтора часа...

Эта работа уже опубликована. Эта работа еще продолжается. Из нее видны выходы в целый ряд совершенно неожиданных проблем, очень важных и для кардиологии, и для патофизиологии, и для других областей прикладной медицины, о которых можно рассказывать бесконечно. А причина успеха в том, что молодые исследователи решали свою задачу, будучи оснащены новейшими методами современной физической химии.

Кстати говоря, группа В. Торчилина работает в постоянном контакте с ведущими исследователями МГУ и Института химической физики АН СССР.

Мне эта работа дорога потому, что она связана с проблемой, которой я сам отдал почти двадцать лет. Но все-таки нельзя сказать, что она самое типичное из исследований химиков и биохимиков Всесоюзного кардиологического научного центра.

Для нашей сегодняшней теоретической кардиологии, обратившейся к фундаментальным проблемам молекулярной биологии и биофизики, пожалуй, характернее изыскания в области метаболизма тканей сердечной мышцы, которые у нас ведутся. Например, изучение такого важного процесса, как транспорт энергии внутри клетки. И недавно группе, которую возглавляет биохимик В. Сакс, удалось показать, что наши представления об этом процессе были неполны.

Сорок семь лет назад академик В. Энгельгардт открыл процесс окислительного фосфорилирования, положив основу изучению биоэнергетики клетки: эта работа — классика советской и мировой науки. Аккумулятором энергии служит АТФ — аденозинтрифосфорная кислота. Затем выяснилось, что в процессе ее обмена участвует промежуточное соединение — креатинфосфат, причем образованием этого вещества за счет АТФ и, наоборот, АТФ за счет креатинфосфата управляет один и тот же фермент. Еще через десять лет В. Энгельгардт вместе с М. Любимовой установили, что АТФ служит источником энергии для мышечного белка (в том числе и сердечной мышцы). И далее долгое время считалось, что АТФ, которая синтезируется в митохондриях клеток, просто выбрасывается из них в цитоплазму и диффундирует сквозь мембраны в мышечные волокна, где и происходит превращение химической энергии в механическую энергию сокращения. Причем медики сделали из этого и практический вывод: при ряде заболеваний, чтобы «подкормить» сердце энергией, больным назначали инъекции АТФ.

Но 12 лет назад исследователи (сразу в нескольких странах) столкнулись с парадоксом: даже при инфаркте, в самой зоне поражения, количество АТФ остается прежним — запасов энергии достаточно, а сократимость миофибрилл падает до нуля, но при этом в тканях почти не обнаруживается креатинфосфат. Возникла новая гипоте-

за, что АТФ только аккумулятор, но не переносчик энергии. Им она быть не может, ибо внутриклеточные мембраны ее не пропускают. И вся АТФ, которая образуется в митохондриях, там же на месте сначала идет для синтеза креатинфосфата. А он-то работает как транспортировщик: выходит в цитоплазму, проникает сквозь мембраны в мышечные волоконца, далее из него снова образуется АТФ и затем происходит уже известный классический процесс ее расщепления с выделением энергии, необходимой для сокращения миофибрилл.

Казалось бы, все объяснено. Оставалось доказать, что все истинно. Но тут работы зашли в тупик. Потому что в опытах с изолированным ферментом, который управляет образованием АТФ за счет креатинфосфата и должен вести обратную реакцию синтеза этого соединения-переносчика, процесс упорно шел лишь в одну сторону — фермент делал только АТФ! Причем, все физико-химические характеристики подтверждали, что реакция может идти только так!.. И вот недавно биохимикам кардиологического центра удалось экспериментально показать, что гипотеза все же в принципе верна, но только в жизни процессы проходят сложнее, чем предполагалось (поэтому их так долго и не удавалось воспроизвести). В митохондриях упомянутый фермент, оказывается, работает не один, а в комплексе с другим ферментом, который как бы заставляет его «делать нежеланную работу». Далее физиологу Л. Розенштрауху удалось воспроизвести в опытах процессы передачи в ткани миокарда химической информации о количестве энергии, которая нужна миофибриллам в тот или иной момент. И главное — показать, что можно искусственно регулировать силу мышечного сокращения в нужную сторону, изменяя содержание в ткани креатинфосфата.

Эти новые факты меняют наши представления о роли многих химических веществ в процессах жизнедеятельности сердца, а следовательно, и о возможностях и путях нашего в них вмешательства, чтобы лечить людей. Сейчас по программе советско-американского сотрудничества предстоит совместная работа с доктором Р. Виале из Филадельфии по изучению математических моделей вновь открытых процессов — это может помочь нам многое пересмотреть.

Наверно, заметно, что меня такие работы очень волнуют. Но ведь, как говорил когда-то Фрэнсис Бэкон,

«человеческое знание и могущество совпадают». И дали бы мне волю, рассказал бы еще о других исследованиях, например, как был выделен не изученный прежде фермент «кальций-магний-зависимая-АТФ-аза» — это сделано сотрудниками группы Д. Левицкого. Причем они не просто выделили фермент, а по-новому увидели процессы обмена электролитов в сердечной мышце, и сейчас совместно с Институтом биоорганической химии АН СССР, которым руководит академик Ю. Овчинников, ведется изучение точной структуры этого белка. Но как это ни интересно мне самому и как ни важно для будущего кардиологии, пора остановиться.

Хоть я и рассказал далеко не все, что мог, надеюсь, читатель все-таки увидел сегодняшний облик нашей науки и понял, какой путь она проделала на глазах людей моего — «среднего» — поколения. Одного поколения! Проделала благодаря тем невероятным возможностям, которые созданы нашим социалистическим обществом, нашим Советским государством, нашим образом жизни.

Благодаря этим возможностям мы многое познали сами. Многое переняли из науки других стран — ведь мы живем в постоянном контакте с учеными всех континентов благодаря политике международного сотрудничества, которую утверждает в мире наша страна во имя блага советских людей и всех простых людей планеты.

Мы хорошо умеем лечить то, перед чем медицина пасовала считанные годы назад. Но наша задача не только «ремонтировать» то, что уже повреждено, а и предупреждать болезни — отодвигать их, поскольку люди пока не бессмертны, как можно дальше.

Более тридцати лет мы не ощущали на себе страшнейших стрессовых факторов войны. Борьба, которую ведут наша Коммунистическая партия и наше правительство, за то, чтобы угроза войны была устранена навсегда из жизни людей, — великое дело, способствующее их счастью, их процветанию, их здоровью.

Наша партия, наше государство — замечательные социальные лекари. Ведь советские люди не знают стресса нужды и неуверенности в завтрашнем дне. Непрерывно улучшаются условия труда, и они работают в более благоприятной обстановке. Люди вселяются в благоустроенные дома, в отдельные квартиры, и исчезают конфликты и ситуации, которые порождались ску-

ченностью и коммунальными кухнями. Курорты, санатории, туристские базы, массовая спортивная работа, дома для субботнего и воскресного отдыха рабочих, клубы, музеи, театры — все, чему так много уделяется внимания в нашей стране, работает непосредственно для решения задач социальной профилактики болезней.

Однако это — дело не только правительства и не только медиков. Мы не случайно все настойчивей и настойчивей разъясняем людям, используя кино, радио, телевидение, научно-популярную печать и газеты, насколько сохранение собственного здоровья и здоровья окружающих людей зависит еще и от каждого человека.

Нельзя, отработав семь часов, уходить в мир телевизора или бездумного чтения на диване одних лишь легких детективов или пустой болтовни с приятелями за рюмкой. Досужее прозябание мысли, полное ее отъединение вне работы от радостей полнокровной общественной жизни, от познания и творческих эмоций тоже стрессовый фактор. Переключение от активности к бездеятельности — почва для обменных сдвигов в организме, способствующих развитию раннего атеросклероза, для нарушения нейрорегуляторных процессов и впоследствии извращенных реакций на нагрузки, иногда даже небольшие, которые в жизни неизбежны. Несоответствие между ритмом и стилем современной жизни и условиями такого пассивного отдыха — опасность!

На Западе теперь раздаются призывы к уходу от современной жизни — от урбанизации, от индустриализации, от цивилизации — «назад, к природе!». Но история не поворачивается вспять. Смешно и наивно рассчитывать спрятаться от реальности под своего рода «стеклянный колпак». Человек сам создал современную цивилизацию. Радость творчества и радость познания были и остались смыслом и счастьем его жизни. Просто, изменив окружающую среду, он должен в ней разумно жить. Напряженно работая, он должен сохранять тонус и на отдыхе: каждый выбирает свое — спорт, рыбную ловлю, живопись, музыку, коллекционерство, радиолюбительство или что-то еще. Важно, чтобы увлечения были, чтобы они духовно обогащали: тогда они создают нужную «разрядку», необходимое переключение, нормализуют основные процессы в системах, регулирующих функции организма, в первую очередь в центральной нервной системе.

Но сколько бы мы ни рекомендовали занятия спортом, искусством, разумный отдых, отказ от курения и упорядоченное питание, все усилия вмиг могут быть сорваны чьей-то грубостью — любой причиной чрезмерного психоэмоционального напряжения. Слово — сильнейший нервный раздражитель, который может быть не менее опасен, чем любой физический и химический фактор внешней среды. Недаром говорят, что «словом можно убить человека». Поэтому проблемы взаимоотношения между людьми, воспитания, формирования характера с детства и отрочества и корректировка воспитания характеров, уже сложившихся, — дело первостепенной общественной важности. Все мы обязаны тренировать свою волю, никогда не забывать об окружающих и призывать к порядку всех любителей «распускаться». Дух товарищества, чуткость, сдержанность, самообладание, уважение к окружающим — это не только требования нашей этики. Это залог предупреждения болезней сердца, это залог нравственного и физического здоровья будущих поколений.

Но, кроме такой профилактики, которая невозможна без сознательной бережливости всех нас вместе и каждого в отдельности к собственному здоровью и здоровью других людей, нам, кардиологам, предстоит огромный комплекс исследований, необходимых для выработки специальных методик предупреждения сердечно-сосудистых заболеваний. И этими методиками предстоит затем вооружить всех практикующих у нас врачей.

Сейчас я работаю во Всесоюзном научном кардиологическом центре. Его создание — еще одно вещественное проявление заботы нашей партии и государства о здоровье советских людей. Центр создается на средства, заработанные всеми трудящимися нашей страны в день Всесоюзного ленинского коммунистического субботника 1971 года. Клиники и исследовательские лаборатории центра сейчас строятся. Но когда на опушке великолепного леса, неподалеку от столичной кольцевой автодороги, строители только начали размечать контуры фундаментов зданий будущих клиник и лабораторий, коллектив сотрудников центра уже приступил к намеченной для него научной программе, и равное место с теми важными теоретическими изысканиями, о которых уже рассказано, заняли исследования, которые должны по-

мочь разработать комплекс мер кардиологической профилактики.

Эти работы только начаты. Пока что созданы специальные профилактические отделения в одной из поликлиник Черемушкинского района столицы и поликлинических отделениях двух медико-санитарных частей крупных предприятий — автозавода имени Лихачева и завода «Серп и молот». Начаты массовые обследования людей, наблюдаемых в этих лечебных учреждениях. Первый результат — выявлено большое число лиц, не знавших, что они больны гипертонической болезнью. Эти пациенты теперь лечатся, и они взяты на диспансерное наблюдение.

В сотрудничестве со Всесоюзным центром изучением заболеваемости в своей республике занялись кардиологи Литвы — этой работой руководят профессора З. Янушкевичус и И. Блужас. Видимо, мы придем со временем к созданию республиканских кардиологических центров, на которые, помимо клинической и исследовательской, ляжет вся организационно-методическая работа по профилактике.

Если бы я стал не кардиологом, а гастроэнтерологом, или анестезиологом, или хирургом, работающим в одном из новых направлений, я построил бы свой рассказ на делах и заботах другой области современной медицины. Привел бы другие житейские факты, другой научный материал, но и тот воображаемый рассказ некоторыми чертами непременно напоминал бы этот, реальный. Ведь он тоже был бы о науке, а в нашей медицинской науке происходят общие процессы.

Впрочем, я не представляю себе, как это смог бы я стать не кардиологом, а кем-то еще. Я люблю свое дело. И моя кардиология — «горячий цех» современной медицины. А это очень важно ощущать, что твое дело сейчас самое горячее.

У советской медицины — огромный опыт борьбы с болезнями. Многие болезни нам удалось ликвидировать полностью, и обычно ведущую роль в их ликвидации играли созданные для этого специальные медицинские службы. Эпидемиологическая искоренила особо опасные инфекции и ряд инфекционных заболеваний, не имевших, как малярия, титула «особо опасных». Специальная фтизиатрическая служба позволила предельно снизить заболеваемость туберкулезом, которым до вой-

ны у нас болели миллионы людей. Теперь родилась служба кардиологическая: специализированные клиники, специализированные отделения больниц, кардиологические бригады «Скорой помощи», консультационные центры в Саратове и Волгограде, куда при необходимости из других городов, поселков и сельских больниц передают по телефонному кабелю электрокардиограммы. (Ведь если можно передавать кардиограмму с орбиты космического корабля, то не только из Балашова в Саратов, ее можно передать из Гаваны в Москву!) И точно так же, как в свое время благодаря флюорографии удалось выявить множество больных с ранними поражениями легких и вылечить их, наша служба придет и к тому, чтобы захватывать все или почти все случаи сердечно-сосудистых заболеваний на самых ранних стадиях и надолго продлить жизнь миллионам людей, излечивая их не в особых палатах для самых тяжелых больных, а в простых поликлиниках.

Только это потребует от нас, медиков, очень напряженной работы с полной самоотдачей.

Ничего не поделаешь — недаром, говоря о самом главном, что должно быть в характере врача, великий русский художник Левитан сказал в одном из своих писем:

«Сердце можно лечить только сердцем».



Академик С. Шварц о человеке в индустриальном мире

Слово «экология» сейчас знают все: экология стала одной из модных наук. Когда сегодня в газетах и журналах говорят об экопиде или о нарушении экологического равновесия, то уже не считают нужным объяснять значения этих терминов — предполагается, что всем известно и так. И в общем-то оно верно, потому что, в бытовом понимании слова, экология — это наука о взаимодействии в природе, точнее, в живой природе.

Экология как отрасль биологии сложилась в 60-х годах прошлого века. Своей задачей она поставила изучить законы, которые управляют жизнью животных и растений в естественной среде обитания. У нас в стране экологическим исследованиям посвятили себя многие выдающиеся ученые, среди которых первым следует назвать академика В. Сукачева. В начале 40-х годов он создал новое направление в естествознании, ставшее составной частью сегодняшней экологии — биоценологию. Суть учения В. Сухачева о биогеоценозах заключается в единстве живых и косных компонентов, в котором ведущим, активным началом является живое.

Вот эта особая, определяющая активность живого должна быть как-то подчеркнута, по одному тому хотя бы, что оно слишком часто забывается. В развитых сообществах изменения биогеоценозов подчиняются прежде всего биологическим закономерностям — разумеется, изменения неживых компонентов биогеоценозов, имеющие характер катастроф (извержения вулканов, землетрясения и т. п.), не учитываются. В эволюции биосферы активное начало принадлежит живому — это отчетливо продемонстрировали работы другого крупнейшего советского ученого, академика В. Вернадского. Он доказал в своих трудах, что развитая жизнь стала ведущим фактором геологического развития планеты. Эволюция живого привела к тому, что создался совершенно новый элемент Земли — почвенный покров, бионосное вещество. Биологические, а не физико-химические или геологические закономерности стали отныне определять темпы и даже формы трансформации вещества и энергии на нашей планете.

Но далее, с появлением человека и развитием человечества, положение вещей вновь в корне меняется. Деятельность человека во все большей степени опреде-

ляет структуру и функции покрова Земли, функцию всей биосферы и тем самым становится фактором планетарного значения. Возникает ноосфера, сфера разума. Последняя статья, опубликованная при жизни В. Вернадского, называлась «Несколько слов о ноосфере». В ней он писал: «Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше. Перед ним открываются все более и более широкие творческие возможности».

После работ В. Вернадского стало ясно, что люди воздействуют на природу не как сумма отдельных индивидуумов — нет, главное в этом процессе взаимодействие между человеческими коллективами и окружающей живой и косной природой. Характер этого взаимодействия определяется, с одной стороны, развитием производительных сил и производственных отношений (в их конкретном проявлении — в данное время и в данном месте), а с другой — свойствами природной среды, в которой развивается и с которой взаимодействует данный социальный коллектив.

Эти новые представления о роли людской деятельности в жизни планеты вызвали, с одной стороны, развитие самой экологии, а с другой — дали толчок к практическим мерам, направленным на улучшение природных условий в различных районах нашей страны. Примером могут послужить полезащитное лесоразведение и другие грандиозные мероприятия, проводимые в те годы и осуществляемые нами сейчас.

Я не ставлю себе здесь целью обсуждать технологию полезащитного лесоразведения и анализировать характер влияния лесных полос на урожайность степного полеводства, моя задача совсем другая — подчеркнуть их значение как фактора «обогащения природы» (при всей расплывчатости этого термина мы хорошо все-таки понимаем, что он обозначает). В далеком сегодня 1940 году мне в составе группы студентов Ленинградского университета довелось обследовать некоторые лесостепные полосы Заволжья. Неизгладимое впечатление о так называемых Богдинских посадках сохранилось у меня до сих пор. Полосы эти расположены в резко засушливой зоне. Бесконечная выжженная солн-

цем степь. Небольшая, всего 170 метров, гора Богда, давшая название лесным посадкам, у подножия которой простирается знаменитое соленое озеро Баскунчак, на фоне однообразной равнины казалась горным хребтом. Типичная растительность — кустарники, главным образом полынь. Из птиц почти одни жаворонки да степные орлы, выслеживающие многочисленных сусликов.

И вот лесные посадки, заложенные здесь в 1925 году и занимающие территорию чуть более сотни гектаров, создали в этой безводной полупустыне новый тип биогеоценоза. Видовой состав деревьев весьма богат: вяз, берест, тополь, дуб, клен, белая акация, тамариск, груша, шелковица. Правда, деревьям в пустыне приходится туго — их высота редко превышает три-четыре метра, листва опадает рано, естественное возобновление резко сокращено. Поэтому без постоянной помощи человека Богдинские полосы не могли бы существовать. Тем не менее они содействовали увеличению урожая сельскохозяйственных культур и привели к обогащению фауны. Здесь стали обычными такие лесные птицы, как иволга, чернолобый сорокопут и сорокопут-кулан, пеночка-весничка, обыкновенная славка, соловей, горихвостка. Появляются и лесные виды насекомых, происходят изменения в почвенной флоре и фауне. Возник особый биоценоз, более богатый, чем биоценозы окружающей степи. Первое — и немалое — время он нуждается в помощи человека. Но со временем биоценоз этот окрепнет, сам для себя создаст лучшие условия окружающей среды, и его уже трудно будет отличить от биоценозов естественных. Старые лесные посадки, за которыми мы имели возможность наблюдать в течение десятилетий, делают этот вывод достаточно обоснованным.

Хорошо известно, какое благотворное влияние оказывает на природные комплексы пустынь создание каналов и других искусственных водоемов. Для того чтобы оценить масштаб этих изменений, достаточно указать, что с созданием Каракумского канала в Средней Азии возникла вторая по величине область зимовий водоплавающих птиц — ежегодно в районе канала останавливается на зимовку 300 тысяч птиц. Так как условия зимовки в значительной степени определяют численность птиц на будущих гнездовьях, значение Каракум-

ского канала для поддержания их численности в нашей стране огромно.

Ограничимся приведенными примерами — их можно было бы собрать в изобилии, и каждый из них свидетельствовал, во-первых, о важности экологии, а во-вторых, о тех крупных достижениях, что дали и дают экологические исследования в нашей стране за последние десятилетия.

Человек изменяет природу, и не изменять ее он не в силах. Всякие разговоры о том, что можно будто бы не трогать природу, — это пустословие. Технический прогресс остановить невозможно, да и не нужно — он единственное средство избавить человечество от нищеты. Ведь и сейчас минимум полтора миллиарда людей на Земле живут впроголодь. Значит, мы должны и будем изменять этот мир, а потому нужна «теория создания измененного мира» — наука экология. С ее помощью люди на Земле должны суметь согласовать интересы развития промышленности с требованиями поддержания оптимальной природной среды.

И вот здесь один парадокс, который не очень хорошо понимают даже специалисты, и потому говорить о нем надо особенно громко. Обычно думают, что экологические исследования нужны лишь там, где есть еще неосвоенные или полуосвоенные пространства, где в экономике главную роль играет непосредственное использование биологических ресурсов. Конечно, в этих районах наша наука имеет большое будущее. Но важно понять вот что: больше всего нужна экология как раз в тех регионах земного шара, которые подверглись наибольшему изменению из-за развития промышленности и бурного роста городов. Эти два явления — индустриализация и урбанизация — знамение нашего времени, и последствия их надо изучать и по возможности делать менее вредными в первую очередь.

Ведь где-нибудь, скажем, в пустынях Австралии эколог может лишь стремиться сохранить неизменным данное состояние среды. А в промышленных районах, где среда эта изменяется прямо на наших глазах, необходима научная теория, которая позволяла бы сочетать урбанизацию и индустриализацию планеты с нуждами охраны природы — в самом широком понимании этого слова.

Вот именно поэтому в развитых индустриальных

районах перспективы развития экологии чрезвычайно велики. Хотим мы или не хотим, но мы постоянно изменяем окружающую нас богатую и разнообразную природу: реки, леса, недра. И потому задача эколога — самая большая, перспективная задача — сводится к тому, чтобы при генеральном планировании, когда на многие годы вперед просматривается развитие края, была учтена необходимость сохранения природы. А для этого нужны строгие научные данные.

За последние годы мы еще больше укрепились в мысли, что нынешний экологический кризис может быть преодолен, и пути к этому намечаются сегодня.

Не в первый раз биосфера переживает эпоху кардинальных изменений, непреодолимых, казалось бы, трудностей, и все-таки она всегда находила в себе силы с ними справляться. Вот лишь один из таких моментов. На заре развития человечества земная природа столкнулась с ранее не испытанной ситуацией: человек, самый опасный хищник, стал вдруг самым многочисленным видом животных. Это не могло, разумеется, не вносить кардинальных изменений в структуру древних сообществ. В самом деле, даже львы и тигры не решались нападать на слонов и носорогов, а для человека каменного века они стали постоянной добычей. Это было настоящей революцией в функционировании сложившихся сообществ, особенно если учесть, что численность древних людей в сотни раз превышала численность других хищников. Биосфера, очевидно, могла воспринять складывающиеся изменения только как надвигающуюся катастрофу. Но, как известно, она прекрасно сыграла свою «самоохранительную» роль.

Впрочем, играла она ее не впервые — грандиозный спектакль приспособления к новым условиям не был ни премьерой, ни даже генеральной репетицией. Задолго до появления человечества произошло еще одно событие, также вполне революционное для биосферы: на Земле появились теплокровные животные. Необходимость строго следить за температурой тела требует от животного усиленного обмена веществ — ему теперь приходится тратить массу энергии на перенос кровью тепла, переработку жиров, дающую это тепло, и на множество других процессов, направленных на оптимизацию физиологического состояния. Поэтому льву требуется в шесть-семь раз больше корма, чем крокодилу

такого же веса. Следовательно, в новых биоценозах самым решительным образом изменился баланс между растениями и животными.

Раньше, в древних ценозах, биомасса растений всего в четыре-пять раз превышала биомассу животных, а теперь, в сообществах нового типа, ей пришлось стать больше в сотни и даже тысячи раз — иначе не прокормятся прожорливые теплокровные. Если теперь рассматривать все сообщество в целом, то сразу видно, как резко снизилась экологическая эффективность биоценозов— они перешли на «работу» с очень низким КПД, всего 2—3 процента.

Как было воспринимать эти изменения биосфере? Естественно, как катастрофу. Она ведь «не знала» еще, что теплокровные животные, которые могут жить почти где угодно и потому способны к дальним миграциям, соединят дотоле разрозненно живущие биогеоценозы Земли в одно целое, установят прямые биологические контакты между различными ее регионами и впервые, по сути дела, создадут единую биосферу: экологические события, развертывающиеся, скажем, в Арктике, станут теперь в большой степени предопределять ход важнейших биоценотических процессов в тропиках, и наоборот, потому что более 60 процентов птиц в экваториальных зонах — мигранты из высоких широт и, следовательно, любые причины, вызывающие снижение числа птенцов, родившихся в тундре, приведут к уменьшению птичьего поголовья в биоценозах тропической Африки. Мало того, именно благодаря высшим животным создались почвы высокого плодородия — превращая огромное количество сырой растительной массы в легко усваиваемые растениями вещества, они стали мощными катализаторами биоценотических процессов.

Уходя еще дальше в глубь миллионолетий, мы увидим много других важных вех в развитии биосферы: появление многоклеточных, установление строгого баланса круговорота кислорода с круговоротом углерода и другие революции, каждая из которых поначалу могла бы показаться гибельной для биосферы, но в конечном итоге приводила к ее расцвету.

Как обстоит дело теперь? Сталкиваемся ли мы с ситуацией, уже знакомой Земле по ее прошлому, или же нынешнее положение дел уникально, ни на что ранее бывшее непохоже?

Бесчисленные — и вполне проверенные — факты, говорящие о том, что природный баланс, поддерживаемый биосферой в течение миллионов лет, ныне нарушается ежедневной деятельностью человека, нельзя рассматривать как свидетельства поломки сложного механизма. Такое упрощение происходящих на наших глазах планетарных явлений равноценно искажению, но именно на подобных позициях стоят «алармисты» — «бьющие тревогу» («аларм», как известно, по-английски значит «тревога»). Но представьте себе, что кто-либо из них оказался в меловом периоде, в самый разгар смены царства рептилий на царство млекопитающих и птиц. Со свойственным этим людям чувством тревоги за судьбу планеты он бы в ужасе наблюдал падение экологической эффективности биоценозов Земли, о которой мы с вами говорили. Естественно, наш «пред-алармист» посчитал бы, что биосфера деградирует, стремительно ухудшается. Как все мы сегодня знаем, его выводы были бы поспешными и ошибочными. Такая же ошибка — распространенное стремление представить все совершающиеся на наших глазах изменения биосферы как ее деградацию. Разумеется, отравление реки или внесение в почву ядохимикатов губит природу. Но подобные акции, как бы широко они ни были распространены, не следует рассматривать как выражение единственно возможной стратегии поведения индустриального общества. Наоборот, все это отклонения от оптимальной технической политики. И точно так же природу нельзя рассматривать лишь как бессильного страдальца, ничего не способного сделать в свою защиту от безжалостного убийцы. Биосфера тысячами доступными ей средствами отвечает на любое воздействие. Вопрос состоит в том, чтобы познать законы этих реакций и вести свою хозяйственную деятельность в соответствии с ними.

«Алармисты» — люди, которые не устают обращать наше внимание на те пагубные последствия, что несет биосфере индустриализация и связанная с ней урбанизация, рисуют нам ужасы почти апокалиптические. Нет оснований сомневаться ни в их внутренней честности, ни в их искренней озабоченности судьбой грядущих поколений. Но они не учитывают одного важного обстоятельства. Промышленность оказывает всевозрастающее влияние на состояние природной среды — это несомненно. Более того, любые меры предосторожности

и любая степень совершенствования производства в экологическом смысле, включая сюда даже недостижимые, пока еще замкнутые циклы и полную очистку отходов, могут лишь ослабить воздействие человека на природу, но не исключить его — потому хотя бы, что само производство изымает из биологического круговорота огромные территории и акватории — не менее нескольких тысяч гектаров в день. Все это азы, очевидные для любого несклонного к неоправданному оптимизму человека. Но если он достаточно разумен и умеет смотреть правде в лицо, лозунг «Назад, к природе», по существу провозглашенный «алармистами», не должен найти отклика в его сердце. Призыв этот во все времена был реакционен, а теперь он еще и антинаучен, потому что стало очевидным: при нынешней численности населения и темпе его роста неиндустриальные методы производства приносят окружающей нас среде вред куда больший, чем самые большие промышленные комплексы. Возьмите примитивное сельское хозяйство, до сих пор сохранившееся во многих районах Земли, например в Индии. Рост плотности населения привел в этих местах к вытеснению лесов степными и полевыми сообществами. А поскольку индийский крестьянин вдобавок для обогрева и готовки пищи использует главным образом сухой помет коровы, то издавна установившийся естественный круговорот вещества в природе оказывается нарушенным: травоядные животные съедают растения, но почва не получает взамен «причитающиеся» ей вещества, которые сжигаются людьми. Речь идет отнюдь не о ничтожных количествах — ежегодно земля недополучает 300 миллионов тонн «кизяков». Можно с уверенностью сказать, что громадные территории, ныне представляющие собой житницу для миллионов людей, неизбежно превратятся в выжженную пустыню, и это лишь вопрос времени, и не слишком большого. Где же выход? В развитии промышленности, которая принесет с собой другую энергетическую базу — электричество, газ, уголь и минеральные удобрения, способные возвратить почве ее угасающее плодородие.

Как видите, вопросы «охраны среды» не столь просты, как видятся «алармистам». Вот знаменитый препарат ДДТ, многократно приводимый ими в пример пагубности нынешнего способа хозяйствования на земле. Действительно, он ныне запрещен, и вполне справедли-

во. Но если вам случится бывать в долине Брамапутры, в той же Индии, то вы увидите на крестьянских хижинах белыми цифрами написанную дату последнего применения ДДТ — в знак благодарности за то, что препарат этот спас миллионы людей от малярии.

Все яснее становится, что эмоции не могут более заменять знания, что нужна наука, позволяющая согласовывать интересы развития современного общества с поддержанием оптимальной для этого развития природной среды. А возможности к тому есть — и немалые. Вот только один, но яркий пример. Там, где люди, — там ошибки, и, значит, не исключена возможность, что вдруг повысится радиационный фон того или иного региона Земли. И потому необходимо точно установить, во-первых, как влияет на организм животных, а значит, и на организм человека эта радиация, во-вторых, как распространяется в среде радиоактивное загрязнение. Частный вопрос этой очень важной проблемы — природа так называемых «накопителей», таких живых организмов, главным образом водных (иначе их называют «гидробионты»), которые обладают способностью накапливать в своем организме громадное количество радиоактивных элементов. Концентрация усвоенных таким организмом радиоактивных веществ в десятки тысяч раз превышает концентрацию этих же элементов в окружающей среде! Термин «биологическая дезактивация водоемов» уже прочно вошел в научный язык, а, познав закономерности, управляющие поведением гидробионтов-накопителей, мы сможем еще больше сделать для борьбы с радиоактивным заражением. Именно поэтому мы со всем пристрастием изучаем в своих лабораториях эти организмы — концентраторы — многие одноклеточные пресноводные водоросли, личинки некоторых насекомых и определенные виды ракообразных.

Прогресс общества неизбежен, и потому сквозящая во многих выступлениях технофобия часто оборачивается безразличием к судьбам людей — вопрос ставится так, будто в охране нуждается природа, а не мы, люди. В конце концов, люди — это тоже один из видов, населяющих планету, и далеко не самый малочисленный или малозначительный, и если условия жизни для него ухудшатся, природе тоже от этого не поздоровится...

Мне представляется безусловным, что в наших силах найти научно обоснованные способы сочетать инду-

стриализацию и связанную с ней урбанизацию — процессы, неизбежно сопутствующие прогрессу человеческого общества, с требованиями сохранения биосферы. Для подобного оптимизма есть немало оснований.

Прежде всего далеко не всегда индустриализация пагубна для природы. Некоторые изменения, приносимые ею, можно даже рассматривать как факторы, благоприятствующие развитию биосферы, хотя бы потенциально. Например, увеличение содержания в атмосфере углекислого газа создает предпосылки для образования новых сообществ, обладающих очень высокой продуктивностью и высокой способностью к самоочищению.

Под воздействием техногенных, то есть созданных техникой, факторов некоторые виды растений приобретают способность создавать стабильные и высокопродуктивные популяции в крайне неблагоприятных условиях, в отравленной среде — на почве, обогащенной, например, свинцом, медью, никелем, и вдобавок при остром недостатке кальция и фосфора. Причем происходит это в течение всего нескольких поколений и закрепляется генетически. Полевица, ценное кормовое растение, всего один из примеров успешного сочетания био- и техносфер. Другой пример — бактерии-нефтедеструкторы, перерабатывающие нефтяные отходы, эффективность деятельности которых повышается в присутствии цинка и ванадия. Чем не пример взаимовыгодного сотрудничества между промышленностью, обильно поставляющей и пищу и даже катализатор действия для бактерий, и этими природными микроскопическими тружениками, возвращающими в природную среду безвредные вещества, «обработав» губительные отходы?

Экология будущего как раз и должна дать программу, как вывести растения и животных, способных процветать в новых условиях существования, утилизуя неизбежные вредные для природы в целом продукты промышленного производства. Нам надо помочь полезным растениям и животным адаптироваться к изменяемому нами миру. Иными словами, овладеть процессом эволюции, чтобы уметь убыстрять его или направлять в нужную сторону. Как ни фантастично звучат эти слова сегодня, подобная задача появится в рабочих планах институтов и лабораторий всего через несколько лет. Залогом тому работы последних лет, позволяющие по-

дойти к этой грандиозной проблеме на вполне профессиональном уровне.

Намечаются ли какие-либо конкретные пути в этом направлении? Да, и идут они к единой цели с разных сторон.

Тщательные исследования, проведенные в разных странах и на разных организмах, показали, что под влиянием быстро меняющихся условий среды приспособительная эволюция также убыстряет свой бег. Стало ясно, что любая популяция процветающего в данный момент вида обладает колоссальным резервом скрытой изменчивости, который в благоприятных условиях никак себя не проявляет. Но стоит произойти серьезным изменениям привычных условий жизни, и генетический состав популяции быстро — несравненно быстрее, чем думалось раньше, — меняется: остаются особи, обладающие врожденными качествами, подходящими для новых условий обитания. Позволю себе привести лишь одну иллюстрацию. Курильщиков не напрасно пугают образом лошади, погибшей от никотина одной сигареты. Здесь нет гиперболы. Но посевы табака остро нуждаются в защите от насекомых, которые безо всякого вреда для своего организма уничтожают их! Ядостойкость — качество, приобретенное ими в ходе эволюции, позволяет этим насекомым существовать в уникальной, смертельной для всего живого среде. Диапазон возможностей природы необычайно широк... Мы в лабораторных условиях умеем уже сегодня направить подобную приспособительную эволюцию в ту или иную сторону, и есть уже теоретические разработки, подсказывающие способы направленного вмешательства в эволюцию природных популяций в естественной среде обитания. Не надо быть пророком, чтобы сказать, что это коренной поворот в наших отношениях с природой: впервые появляется возможность создавать специфически приспособленные формы растений и животных, способные давать богатую биологическую продукцию в новых, созданных нашим техническим веком ландшафтах. Есть и другой путь — управлять не развитием популяций отдельных видов, а жизнью целых сообществ растений и животных различных видов, населяющих данную территорию, то есть биогеоценозов. Здесь тоже открылись новые возможности и новые подходы к проблеме.

Прежде всего биогеоценоз, создавшийся в изменен-

ной человеком среде, совсем не обязательно хуже первоначального. Изменение природной среды, ее отход от «естественного» состояния нет никаких оснований непременно считать ухудшением. Во всей Западной Европе практически не осталось естественных лесов, не считая, конечно, заповедников и некоторых горных районов. Но современные лесные биогеоценозы Европы ничем не хуже исходных, а в известном смысле и лучше их — они куда больше приспособлены к нынешним условиям жизни.

Не боясь повториться — мысль слишком важна: нельзя рассматривать биосферу как пассивный объект наших воздействий, способный лишь деградировать в ответ на непривычные условия. Эта точка зрения и не научна и не конструктивна: прогрессирующее изменение природной среды человеком — это закон развития общества, бороться с которым бессмысленно, и потому беззаветное стремление любой ценой «сохранить природу», то есть оставить ее в первозданном виде, противоречит и практике и теории.

Я сознаю, что это очень ответственное утверждение и что его легко истолковать как отказ от борьбы за охрану природы. Но означает оно прямо противоположное: призыв вести эту борьбу грамотно, не прекраснодушествуя и донкихотствуя, а учитывая действие неизбежных законов и природы, и общественного развития. А это значит, что нам следует сознательно, целенаправленно создавать новые биогеоценозы, способные к развитию и процветанию в изменившихся условиях.

Но задача эта не из простых. Биогеоценоз не просто сообщество разных видов, но такое их «сожительство» на некой общей территории, при котором все входящие в него элементы объединены сложными связями, зависимостями, действующими не только между непосредственно контактирующими видами, но и опосредствованно — через цепь видов, влияющих друг на друга. Поэтому изменение в одном звене этих связей приводит к сбоям, подчас катастрофическим, во многих других звеньях. Но в силу тех же самых причин весь биогеоценоз в целом обладает огромной защищенностью от любых изменений, случающихся вовне и внутри его. В том-то и необыкновенная сила экосистем — так еще по-другому называют биогеоценозы, — что это системы саморегулирующиеся, то есть способные поддерживать

относительное постоянство своего состава, структуры и функций. Системы, таким образом, крайне сложные и, хотя самые интенсивные исследования их ведутся во всем мире, мало до сих пор изученные. Но некоторые общие положения удалось установить, и каждое из них вновь напоминает о необычайной сложности биогеоценозов и, следовательно, о тех трудностях, что стоят на пути искусственного их создания.

Любой биогеоценоз имеет в своей основе триаду: продуценты — консументы — редуценты. То есть фотосинтезирующие растения, создающие первичное органическое вещество; животные, питающиеся растениями и другими животными, и наконец, бактерии, переводящие органические вещества в доступную для растений форму. Эти процессы создания, накопления и распада согласованы между собой, чтобы обеспечить непрерывность круговорота вещества и энергии. Но важнейшая особенность «работы» биосферы — существенное превышение продукционных процессов над деструкционными — созидания над распадом. Ежегодная продукция живого вещества оценивается гигантской цифрой — 380 миллиардов тонн. Из них 300 миллиардов тонн извлекается буквально из воздуха — растения аккумулируют углекислый газ. Человечество потребляет не более одного процента чистой продукции биосферы даже сегодня, когда эффективность ее работы снижена развивающейся индустриализацией. Экологическая конфронтация, таким образом, возникает не из-за слишком высоких потребностей человека — сегодня, во всяком случае, природа еще легко может удовлетворить их. Нет, беда в том, что в нашей деятельности мы не учитываем структуру и функции биосферы. Ее главное оружие в борьбе за выживание — разнородность, огромное, невообразимо большое число различных видов растений, животных, бактерий. Каждый из уровней триады представлен сотнями тысяч видов. Зачем это? Академик Ухтомский писал: «Среда, физически одинаковая, физиологически различна для обитающих в ней животных видов». В этом великая мудрость природы! «Помехоустойчивость» биосферы, позволяющая ей поддерживать оптимальные для своего развития условия среды в течение многих миллионов лет, несмотря на резкие изменения климата, горообразование и провалы земной коры и даже движение материков, — все это ре-

зультат разнообразия входящих в нее видов, при котором всегда находятся такие, что с успехом выживают в изменившихся условиях и при этом могут выполнять работу отсеенных этими изменениями видов. Первая линия обороны биосферы от возможных нарушений ее развития заключается в организованной разнородности.

Мысль эта в последнее время становится ясной многим. Составляется «Красная книга» исчезающих видов, ибо вымирание любого из них невосполнимая утрата для биосферы в целом. Мы не знаем ведь, чего лишаемся с исчезновением даже самого скромного из организмов, и только абсолютно экологически неграмотные люди могут ставить вопрос сегодня так: «Среда изменилась, один вид вымер, мы его заменим другим!» Каким? И возможна ли такая замена в принципе? Сегодняшняя наука ответа на эти вопросы пока не дает. А вот случаев невосполнимых утрат она насчитывает множество. Мы, скажем, уже потеряли возможность приобрести когда-либо морское домашнее животное, после того как вымерла морская корова.

Все это при нынешней возросшей экологической грамотности азы. Но достаточно ли мы отдаем себе отчет в том, что любые, даже самые низшие звенья «цепей жизни» играют решающе важную роль?

Точнее сказать, не «даже», а «именно» самые низшие ее звенья... Парадоксальный вопрос: почему природа, сумевшая создать столь совершенный инструмент, как человеческий мозг, сохранила и крайне просто организованные организмы? Ведь известно, что чем точнее реагирует животное на изменения внешней среды, тем больше шансов у него выиграть битву за жизнь. Отсюда совершенствование центрального органа связи со средой — мозга.

Но растущий мозг требует увеличения размеров органов, питающих его, и, стало быть, увеличения размеров тела. Именно этот процесс — морфофизиологический прогресс — привел в конечном итоге к появлению человека. Но он же с неизбежностью закона вызывает снижение численности организмов, упрощение их популяций: увеличение размеров тела не проходит бесследно. А упрощение популяций с такой же неизбежностью приводит к тому, что организмы становятся все более биологически уязвимыми. Вот в чем истинная причина наблюдаемого нами сегодня огромного разли-

чия в уровнях организации организмов! Победителями в эволюционной гонке с выбыванием оказались не только высшие животные и растения, но и многочисленные группы низших организмов, для которых характерны громадная численность и сложная популяционная структура. Сочетание в едином биогеоценозе организмов с принципиально различными типами освоения окружающей среды гарантирует стабильность экологических систем и биосферы в целом. Вторая линия обороны биосферы, таким образом, — иерархичность структурных уровней живого.

Здесь у нас есть еще один повод поразиться мудрости природы. Чем сложнее организм, тем хуже он умеет использовать поступающую энергию. На уровне клетки и ткани КПД удивительно высок — 70—80 процентов, но вот, скажем, использование энергии организмом для получения новых тканей идет с КПД от 0,0002 до 0,05 процента! Это соотношение биологической эффективности на разных уровнях интеграции жизни гарантирует сохранение ее первоосновы — способных к самовоспроизведению организмов. Что бы ни случилось на верхних этажах природы, какие бы катастрофы и катаклизмы ни обрушились на биосферу, высокий КПД клеток и тканей обеспечит жизнь простейшим организмам, а уж они со временем восстановят структуру жизни на всех этажах ее проявления, пусть даже в новой форме, наилучшим образом соответствующей новым условиям среды.

Рассказывая коротко о некоторых законах, управляющих жизнью биогеоценозов, я хотел продемонстрировать, насколько сложны вопросы для людей, поставивших перед собой цель создать новую жизнестойкую экосистему. Из всего этого встает настолько ошеломляюще сложная картина организации биогеоценоза, что кажется невероятным построить его когда-либо искусственно. И все-таки сегодня в принципе такое возможно. Если бы научная организация вроде нашего Института экологии растений и животных бросила все свои силы на то, чтобы «построить» где-либо биогеоценоз, не существовавший в этом месте ранее, то я думаю, мы бы с этой задачей справились — даже для случая ландшафта, сильно измененного человеком. Но понадобилось бы время, силы и средства, которые пока еще нельзя тратить на решение частной задачи.

А общей теории, доведенной до такой степени детализации, что ею можно было бы воспользоваться без прямого участия большого научного коллектива, еще не создано. Но она непременно должна появиться, потому что уже пришло время переходить от пассивной «охраны природы» к созданию оптимальной природной среды — биогеоценозов, способных к саморегулированию в мире, измененном и изменяемом человеком.

Природа часто сама идет нам навстречу в этом деле. Известно, что в любой экосистеме можно выделить некое ядро, состоящее из немногих видов — доминантов, выполняющих основную геохимическую работу и работу по накоплению биомассы, а многочисленные виды — сателлиты поддерживают эту деятельность. Именно таким образом реализуется «организованная разнородность». Если же биоценоз подвергся сильному воздействию извне, число доминирующих видов снижается, и работа по поддержанию природного равновесия ложится теперь уже на плечи одного-двух из них. Такое упрощение биоценоза могло бы привести к его гибели, ибо какое уж тут разнообразие?

Но природа нашла выход из этого трудного положения. Она научилась поддерживать стабильность сообщества не только за счет огромного разнообразия входящих в него видов, но и благодаря биологической пластичности и популяционной внутривидовой разнородности одного вида — доминанта. Вот пример из недавних работ нашего института. И. Хохуткин занимался в 1975 году моллюсками, обитающими в мелких озерах лесостепного Зауралья. Ему, можно сказать, повезло за счет природы — год был необычайно засушливым, и моллюски собирались в остающиеся от озер лужи. В результате их удалось пересчитать с точностью до одного экземпляра. Выяснилось, что эти небольшие создания играют важную роль в круговороте веществ — они накапливают в течение летнего сезона биомассу, исчисляемую сотнями тонн на квадратный километр, перерабатывая десятки тонн растений. Но куда интереснее другое наблюдение. Число видов моллюсков довольно велико, но лишь один из них — прудовик — действительно многочислен. При этом микропопуляции этого доминирующего вида имеют разную структуру — возрастную и прочую. Так работает механизм, призванный спасти всю популяцию в целом от резкого сокращения



численности при самых неблагоприятных изменениях среды — механизм, основанный на том, что реакции микропопуляций различной структуры, даже не полностью идентичные изменениям условий существования, всегда неодинаковы.

Даже это небольшое исследование ясно показывает, что хорошо — в популяционном смысле — организованный вид — доминант действительно способен поддерживать биологическое равновесие целого сообщества. В современной биосфере эти популяционные механизмы играют немного более существенную роль, чем в «нетронутой» природе. В этом видно проявление важнейшего закона жизни больших биологических систем — макросистем, как чаще говорят. А именно: для поддержания стабильности биогеоценозов, характеризующихся малым видовым разнообразием, то есть упрощенных современных биоценозов, запускается новый механизм: гомеостаз доминирующих видов.

Таких механизмов в арсенале природы немало. Но из этого факта не следует, что у нас нет оснований для беспокойства о ее будущем. Беспокоиться о будущем надо всегда. Но не надо впадать в пессимизм. Нельзя не видеть загрязнения атмосферы, водоемов, растущих индустриальных пустынь, деградации лесов и других последствий научно-технического прогресса. Но я не считаю их неизбежным, и в этом состоит моя позиция. Нынешний конфликт между биосферой и ноосферой, то есть между природой и сферой разума и труда, — результат не слишком быстрого развития техники, а недостаточно быстрого развития науки — я имею в виду весь комплекс экологических дисциплин. Дело в том, что нет пока развернутой теории, описывающей закономерности взаимодействия природы и общества — именно общества как определенной социально-экономической системы, а не отдельных людей.

Но она создается на наших глазах, и многое ясно уже сегодня. Возьмите тот же Крайний Север, изучению которого мы посвятили много лет работы. Экология Крайнего Севера — тема комплексной работы, выполняемой многими лабораториями института. У нас есть большое богатство — Салехардский стационар, расположенный на полуострове Ямал, в поселке Лабытнанге, в пригороде Салехарда. Это единственное академическое учреждение широкого профиля, которое достаточно

хорошо оборудовано, чтобы вести серьезную научную работу в тяжелых условиях тундры. Мы гордимся нашим флотом — он состоит из двух солидных катеров и нескольких маленьких. Стационар располагает двумя вездеходами, неплохо оснащенными лабораторными помещениями и, что немаловажно, приспособленным для жизни в тех широтах жильем. Базируясь на этот Салехардский стационар, каждый год большая группа сотрудников нашего института отправляется исследовать экологию тундры —комплексно изучать ее особенности. Почвоведы, ботаники, радиобиологи, энтомологи, ихтиологи, зоологи — одним словом, специалисты самых разных профилей вот уже много лет работают в южной тундре Ямала. Сам я участвую в этой работе с 1957 года, и не было сезона, чтобы я не побывал в нашем стационаре. Он, кстати сказать, называется «Харп», что в переводе значит «Северное сияние».

Длительные комплексные работы привели нас к парадоксальному выводу. Он заключается в том, что представления о крайней бедности биологической продуктивности тундры ошибочны. Мы имели возможность исследовать отдельные ее участки, которые мы называем «тундровыми оазисами». Один из них — Хадыта, это лес далеко за Полярным кругом, в зоне хотя и южной, но вполне настоящей тундры. Преобладают в этом лесу лиственница, ель, береза, но там есть и такие растения, как жимолость, красная смородина и даже черемуха. Это, конечно, истинное чудо, когда в тундре цветет черемуха, — правда, случается оно много позже, чем в средней полосе, во второй декаде июля. В Хадыте хорошо представлены и животные, отнюдь не свойственные этим северным широтам. Из птиц, известных всем, скажем, трехпалый дятел, щур, свиристель и еще много других лесных обитателей, о которых знают специалисты. В некоторых местах хадытинского оазиса травостой вполне соизмерим по своему богатству с травостоем наших средних широт.

Мы очень детально изучили «хадытинский феномен» и пришли к выводу, что животные и растения Крайнего Севера настолько хорошо приспособлены к местным условиям, что могут давать громадную — я не преувеличиваю, именно громадную — биологическую продукцию за полтора-два месяца холодного полярного лета. Ежегодные экспедиции в наш поселок Лабытнанге, что,

между прочим, переводится как «Семь лиственниц», убедили нас в том. А ведь если взять общую сводку, характеризующую биологическую продуктивность разных ландшафтных зон земного шара, то в любом руководстве против слова «тундра» вы увидите цифру 0.

Чем же объясняются феномены вроде хадытинского и отчего они крайне редки? В самом общем виде дело состоит в следующем. Местные виды растений и даже местные формы распространенных в других местах видов способны создавать богатейшую биологическую продукцию, сравнимую с тем, что мы привыкли видеть в лесах и лугах где-нибудь под Москвой. Но у них есть могучий враг — это мох. Под его покровом близко к поверхности подходит вечная мерзлота, которая служит препятствием для развития растительности и из-за этого и животного мира.

Но есть известные теоретические предпосылки к тому, чтобы на отдельных участках — причем очень крупных—направить развитие тундры не в сторону моховых, а в сторону травянистых сообществ. И этого оказывается достаточным, чтобы тут возникла богатая растительная и животная жизнь. Мы, люди, соответствующим образом подбирая видовой состав животно-растительного населения отдельных регионов, можем превратить тундру в плодородный край. Если нам удастся разработать теорию повышения биологической продуктивности тундры и претворить ее затем в практику, то это будет равносильно тому, что вовлечь в хозяйственный оборот Земли Луну — ведь пространство, занимаемое тундрой, равно поверхности нашего естественного спутника. Это тем более важно, что промышленность на Крайнем Севере неуклонно развивается, за Полярным кругом возникают новые города. Но где города — там дети, детям нужно молоко, коровам необходимо сено. В конце этой цепочки стоит наше умение заменить мох сочной травой. Потому-то мы работаем на Севере не только ради чрезвычайной ценности этих исследований для теории, но и сознавая, насколько труд наш нужен людям, осваивающим этот край.

Его огромное биологическое богатство, и в первую очередь необыкновенно вкусная и полезная рыба, используется еще далеко не достаточно и, главное, без нужной научной основы, что позволяло бы много брать, но не истощать ту базу, на которой мы все сидим.

Сегодня представление о таких рыбах, как ряпушка, муксун, тугун, нельма, имеем разве что мы, зоологи, бывающие на Крайнем Севере, где доводится отведать их не в консервированном виде. Но ведь вполне возможно поднять продуктивность этих ценнейших, ни с чем не сравнимых рыб и дать возможность людям иметь их на столе в достаточном количестве.

...Итак, получается, что ничего феноменального в «хадытинском феномене» нет, по всей южной тундре уже сегодня можно создавать подобные лесные оазисы. Эти мероприятия, стоимость которых исчезающе мала по сравнению со стоимостью работ по промышленному освоению Крайнего Севера, имела бы планетарное значение. И дело не только в том, что вековой спор — кто наступает: тундра на лес или лес на тундру — был бы решен со всей определенностью в пользу леса и тем самым в пользу человека. Главное — природа должна быть улучшена всюду, по всей планете. Данные экологии говорят, что ограничиться созданием заповедников и лесопарков, музеев отдыха и хранилищ генофонда не удастся. Земля уже давно стала единым организмом.

Это представление о единстве биосферы позволяет обнаружить громадный резерв биологической продуктивности в местах, ранее никогда не попадавших в поле зрения исследователей. Приполярные территории, пустыни, высокогорья, другие регионы, составляющие около 40 процентов земной суши, едва ли в ближайшее время будут давать «полезную» продукцию. Но огромное нормализующее влияние этих территорий на режим атмосферы и гидросферы планеты в целом диктует явную выгоду вкладывания сил и средств в развитие этих территорий. Причем даже поверхностные расчеты показывают, что затраты эти не столь уж велики. Нельзя, однако, решать биологические проблемы чисто техническими средствами. Человек не должен брать функции биосферы на себя, а должен облегчить ей ее трудную работу в расчете на ее мудрость и внутреннюю силу. Я не могу найти лучших слов, чем отношения, основанные на доверии, — так и только так надлежит нам взаимодействовать с природой.

Увы, мысль эта не стала аксиомой. Людям все время кажется, что природу надо покорять или ей надо помогать, но не сотрудничать с ней. Общая площадь защитных насаждений во всем мире примерно равна площади

лесов Западной Сибири. Но лишь по площади, а не по своей биологической сути!

Главное свойство естественных лесных биогеоценозов — способность к саморазвитию и самозащите — недоступно им, даже простое самовозобновление свойственно далеко не всем лесам паркового типа. Сила и слабость технической мысли, ставящей себя над природой, сказались во всей работе по созданию искусственных лесов. Логика такова: если уж без деревьев не обойтись, то возьмем на себя все, что связано с восстановлением и воссозданием лесных массивов! В результате многомиллиардные расходы на восстановление и поддержание посадок. А ведь возможен и иной путь — содействовать природе в создании специализированных лесных биогеоценозов в измененной человеком среде. Чтобы эта задача была решена, необходима разработка принципов биологической инженерии, позволяющих направить ход эволюции биосферы по нужному нам пути. При этом не следует противопоставлять себя природе, а надо руководствоваться ее законами.

Что существенно нового могут предположить экологи сегодня? Я говорил уже кое о каких возможностях, открываемых экологией. Хочу сказать еще об одном, наиболее важном, по моему глубокому убеждению, направлении наших работ.

Исследования, проведенные на животных, растениях, микроорганизмах, показали нам, что все без исключения процессы, важные для жизни, протекающие на уровне популяций и сообществ, определяются в решающей степени химическим фоном, который возникает в процессе жизнедеятельности самих этих организмов. У себя в лаборатории мы можем изменять скорость роста и развития животных, добиваться существенных изменений в их физиологии, воздействовать на генетический состав природных популяций, вмешиваться в борьбу конкурирующих видов — и все это лишь за счет изменения химического фона, применяя абсолютно безопасные биологические методы. В конечном итоге удается направлять эволюцию отдельных видов и их сообществ в нужную сторону.

Крупнейшее открытие нашего времени — расшифровка кода индивидуального развития. Овладеть кодом, управляющим жизнью целых популяций, — задача не менее захватывающая, а решение ее для практики даже

оценить нелегко. Опасная «химия ядов» сможет тогда уступить свое место «химии жизни» не в результате пропаганды, а просто потому, что станет ненужной. Сегодня, чтобы поддерживать оптимальный природный режим на освоенных человеком пространствах, мы вполне сознательно используем популяционные механизмы — изменяем видовой состав биогеоценозов и численность доминирующих видов. Но делается это всегда абиологическим путем — внося в среду принципиально чуждые ей вещества, нередко яды. Мы действуем в данном случае по принципу: из двух зол выбираем меньшее. Есть, однако, и иной путь: действовать так, как действует в подобных ситуациях сама природа.

В последние годы в пределах экологии стала бурно развиваться новая ее отрасль — химическая экология. Это очень молодая наука, совсем недавно состоялся первый симпозиум, подводящий первые ее итоги. Главный вывод химической экологии может быть сведен к следующему: в процессе своего роста и развития организмы выделяют в среду химические вещества, которые работают в качестве регуляторов популяционных процессов. Я говорил уже о работе, проведенной на личинках лягушек, насекомых и на рыбах, в ходе которых было установлено, что животные в процессе своего развития выделяют в среду специфические вещества — экзометаболиты, которые определяют скорость роста и развития других особей. Оказалось, что экзометаболиты не только разных видов, но и разных генетических линий популяции одного вида специфичны: они по-разному действуют (то есть ускоряют или тормозят рост и развитие, определяют скорость деления клеток, задерживают или ускоряют метаморфоз и т. п.) на животных разных генетипов, разных стадий развития, разных размеров и т. п. Иными словами, химический сигнал воспринимается членами данного сообщества как приказ, регламентирующий скорость их размножения, рост, развитие. При высокой численности животных данного вида экзаметаболиты сдерживают их размножение.

Если «химический код», определяющий развитие определенного вида или группы экологически сопряженных видов, будет расшифрован — а для наиболее изученных видов мы уже близки к этому — и аналоги соответствующих метаболитов будут синтезированы, то борьба с определенным видом сведется к тому, что в

среду его обитания будет подан соответствующий химический сигнал, ограничивающий численность вида хозяйственно и биоцентрически допустимыми нормами.

Экспериментами в природе показано, что химическая сигнализация определяет не только численность вида, но его «качество», генетическую структуру его популяций. Это значит, что химический код определяет в конечном итоге через численность доминирующих видов и структуру биоценоза, и структуру популяций составляющих его видов, и их численность. Овладев химическим кодом регуляции биоценотических и популяционных процессов, мы получим возможность управлять сложнейшими природными процессами, не опасаясь неблагоприятных побочных последствий.

Сейчас много говорят и пишут о стрессе, о вреде нервных перегрузок. Но нельзя забывать и о другой стороне медали. Возьмем таких интересных животных, как тупайи. Это небольшие, обитающие в лесах Южной Азии зверьки, относящиеся к отряду насекомоядных, но очень близкие к предкам обезьян, а значит, и человека. По некоторым признакам их поведения оказалось возможным точно определить, сколько времени животное находится в стрессовом, а сколько в спокойном состоянии. Выяснилось, что, если более 50—60 процентов времени бодрствования зверек находится в состоянии нервного напряжения, он погибает. Но если периоды нервного напряжения снижаются на 10 процентов, зверек тоже гибнет. «Царствовать, лежа на боку» (вспомним сказку Пушкина) оказывается не менее вредным, чем непрерывно нервничать.

Нет сомнения в том, что нервная система человека обладает неизмеримо большей способностью к адаптации к «эволюционно-непривычным» условиям, чем нервная система любого животного. Но вряд ли можно сомневаться и в том, что человек не свободен от влияния среды на его психофизиологическое состояние. Единственная «привычная» среда человека, обеспечивающая его оптимальное психофизиологическое состояние, это природа, которая не может быть заменена даже самой лучшей имитацией. Совершенство нервной системы человека создает возможность адаптации к непривычным условиям. Но чем раньше мы зададим себе вопрос «какой ценой», тем лучше. Есть достаточно веские основания полагать, что поддержание, а в ближайшей

исторической перспективе создание оптимальных природных условий всюду, где живут и работают люди, следует рассматривать в качестве одной из важнейших задач общества. Живая природа, общение с миром живых существ — непременное условие поддержания того нервно-психологического настроя, который необходим для оптимального физиологического состояния человека. Естественно, что эта задача может быть поставлена только в условиях социалистического общества.

...Глядя на сегодняшнюю экологию, я думаю, что лет через двадцать будет создана развернутая экологическая теория, которая соединит в себе идеи популяционной экологии и биогеоценологии. Это позволит разработать экологические основы природопользования и генеральной стратегии поведения человека эпохи всеобщей индустриализации.

Ближайшее десятилетие представляется мне временем резкого совершенствования методов экологических исследований. Автоматическая маркировка животных, в том числе с помощью радиоизотопов, телеметрии, дистанционное наблюдение за физиологическим состоянием животных, учет их численности с самолетов и вертолетов, приборы ночного видения и много других технических новинок войдут в повседневную практику эколога. Я предвижу и психологические сдвиги в сознании своих коллег. Видимо, мы приучимся применять в своей работе весьма сложные средства исследований, значительно упрощающие реализацию теоретических идей. Например, электрофорез белков плазмы крови дает возможность быстро и точно определить границы популяций, а современные методы анализа гормонального состояния животных позволяют прогнозировать численность вида.

Ну а в ближайшие годы нам нужно подумать о воспитании ученых новой формации — инженеров-биологов или биологов-инженеров, назовите как хотите. Думаю, что к 1980 году у нас будут уже такие люди, очень нам нужные, без которых успех экологии может быть лишь временным и локальным.

А вообще перспективы развития экологии кажутся мне светлыми. Я верю в мудрость человечества.

ОБ АВТОРАХ ЭТОЙ КНИГИ

АЛЕКСАНДРОВ АНАТОЛИЙ ПЕТРОВИЧ, *академик. Президент АН СССР. Директор Института атомной энергии имени И. В. Курчатова. Трижды Герой Социалистического Труда. Лауреат Ленинской и Государственных премий. Член Королевской шведской академии инженерных наук.*

ГЛУШКОВ ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ, *академик. Вице-президент АН УССР. Директор Института кибернетики. Председатель Научного совета по вычислительной технике и системам управления Госкомитета по науке и технике и Президиума АН СССР. Герой Социалистического Труда. Лауреат Ленинской и Государственных премий.*

ЖАВОРОНКОВ НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ, *академик. Академик-секретарь Отделения физикохимии и технологии неорганических материалов АН СССР. Директор Института общей и неорганической химии имени Н. С. Курнакова АН СССР. Герой Социалистического Труда. Лауреат Государственной премии.*

КАДОМЦЕВ БОРИС БОРИСОВИЧ, *академик. Директор отделения физики плазмы в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова. Лауреат Государственной премии.*

МЕЛЬНИКОВ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, *академик. Член Президиума АН СССР. Председатель Комиссии по изучению производительных сил и природных ресурсов при Президиуме АН СССР. Лауреат Государственных премий. Почетный член АН Венгерской Народной Республики.*

ПЕТРОВ БОРИС НИКОЛАЕВИЧ, *академик. Секретарь Отделения механики и процессов управления АН СССР. Председатель Совета по международному сотрудничеству в области исследования космического пространства «Интеркосмос». Герой Социалистического Труда. Лауреат Ленинской и Государственной премий. Действительный член Международной академии астронавтики. Член нескольких иностранных АН.*

САГДЕЕВ РОАЛЬД ЗИННУРОВИЧ, *академик. Директор Института космических исследований.*

ФЕДОРЕНКО НИКОЛАЙ ПРОКОФЬЕВИЧ, *академик. Академик-секретарь Отделения экономики АН СССР. Директор Центрального экономико-математического института АН СССР. Лауреат Государственной премии.*

ЧАЗОВ ЕВГЕНИЙ ИВАНОВИЧ, *академик АМН СССР. Член Президиума АМН СССР. Генеральный директор Всесоюзного кардиологического научного центра. Лауреат Государственных премий. Почетный член Американской ассоциации сердца, Шведского научного медицинского общества, Югославского общества кардиологов.*

ШВАРЦ СТАНИСЛАВ СЕМЕНОВИЧ, *академик. Был директором Института экологии растений и животных Уральского научного центра АН СССР, членом Международной академии зоологии в Агре (Индия), председателем Международной комиссии по изучению тундры.*

ЭНГЕЛЬГАРДТ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ, *академик. Директор Института молекулярной биологии АН СССР. Лауреат Государственной премии. Герой Социалистического Труда. Действительный член Академии медицинских наук СССР. Член Советского комитета защиты мира. Член многих иностранных АН. Почетный член Королевского института (Великобритания) и Эдинбургского королевского общества. Почетный член Национальной академии США, Американской академии наук и искусств, Нью-Йоркской академии наук.*

Академики рассказывают. (Ученые — о дости-
А38 жениях советской науки.) Художники Г. Бойко, И. Шалито. М., «Молодая гвардия», 1977.

240 с. с ил. (Эврика.)
В вып. дан. сост. Т. Чеховская.

В сборнике, посвященном 60-летию Великой Октябрьской революции, видные ученые, академики рассказывают об успехах в различных областях советской науки.

001

А $\frac{70500-183}{078(02)-77}$ 065—77

В работе над этой книгой принимали участие Б. ВОЛОДИН, В. ГУБАРЕВ, Г. ЗЕЛЕНКО, З. КАНЕВСКИЙ, К. ЛЕВИТИН, Г. МАКСИМОВИЧ, Ю. СЛЮСАРЕВ, А. СПИРИДОНОВ, В. ТЕМЧИН.

ИБ № 1352

АКАДЕМИКИ РАССКАЗЫВАЮТ

Составитель **Т. Чеховская**
Редактор **С. Михайлова**
Художественный редактор **А. Косаргин**
Технические редакторы **Н. Строева, Т. Цыкунова**
Корректоры **Н. Павлова, Г. Василёва**

Сдано в набор 7/I 1977 г. Подписано к печати 15/VI 1977 г. А00676. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага № 1. Печ. л. 7,5 (усл. 12,6). Уч.-изд. л. 13. Тираж 100 000 экз. Цена 64 коп. Т. П. 1977 г., № 65. Заказ 2238.

Типография ордена Трудового Красного Знамени издательства ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия». Адрес издательства и типографии: 103030, Москва, К-30, Сущевская, 21.

64 коп.

МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ



МОСКВА, 1977